NAZIONALE
B. Prov.
VIII
58
BIBLIOTECA
VITT. EM. III
NAPOLI

14C85

BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio V
Palchetto D
Num.° d' ordine 8

11E 58

123
4
6

B Pru
VIII
58

Digitized by Google

MÉMOIRES

POUR SERVIR

A UNE DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

DE LA FRANCE.

TOME IV.

Digitized by Google

PARIS. — Imprimerie et fonderie de FAIN,
rue Racine, 4, place de l'Odéon.

Digitized by Google

541315

MÉMOIRES

POUR SERVIR

A UNE DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE,

RÉDIGÉS

PAR ORDRE DE M. LE DIRECTEUR DE L'ADMINISTRATION GÉNÉRALE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

SOUS LA DIRECTION

DE M. BROCHANT DE VILLIERS,
Inspecteur-général au corps royal des mines, etc.,

PAR MM. DUFRÉNOY ET ÉLIE DE BEAUMONT,
Ingénieurs en chef des mines.

TOME IV,

RECHERCHES SUR LES TERRAINS VOLCANIQUES DES DEUX-SICILES, COMPARÉS A CEUX DE LA FRANCE CENTRALE.

PARIS,
F.-G. LEVRAULT, Libraire, rue de la Harpe, n. 81.
STRASBOURG, rue des Juifs, n. 33;

1838.

Digitized by Google

Digitized by Google

AVIS AU LECTEUR

SUR CE QUATRIÈME VOLUME.

Les observations publiées de nos jours sur les terrains volcaniques de la France centrale, par des géologues habiles, dont nous partageons les idées sur beaucoup de points, et celles que nous avons consignées nous-mêmes dans les tomes 2 et 3 de cette série de mémoires, ont donné lieu à des discussions qui nous ont fait désirer d'étudier les volcans brûlants. Nous voulions examiner par nous-mêmes si certaines idées théoriques, que l'étude du Cantal et du Mont-Dore nous conduisait à adopter, s'appliquaient également à des massifs volcaniques encore actifs et de formes plus élancées, tels que le Vésuve et l'Etna. M. le directeur général des ponts

et chaussées et des mines, comprenant toute l'utilité de ces recherches, nous a autorisés à faire, en 1834, une excursion géologique dans les Deux-Siciles, dans laquelle nous avons été assez heureux pour être guidés par l'un des hommes aujourd'hui les plus versés dans la connaissance des volcans, M. Léopold de Buch. Le présent volume contient les résultats de notre exploration; on y verra que nos vues sur l'Auvergne ont trouvé leur application dans les Deux-Siciles, et y ont même reçu de nombreux et importants développements. Rédigés dans un esprit de comparaison avec nos travaux antérieurs, sans en renfermer la répétition; accompagnés de cartes du Vésuve et de l'Etna, dressées exprès sur la même échelle que celles du Mont-Dore et du Cantal, nos nouveaux mémoires ne pouvaient être séparés des anciens; telles sont les raisons qui nous ont engagés à les comprendre dans une collection dont les premiers volumes sont consacrés à la

description de diverses parties du territoire de la France, comme le seront aussi ceux qui suivront bientôt celui-ci.

DUFRÉNOY. — ELIE DE BEAUMONT.

Paris, juillet 1838.

Digitized by Google

Digitized by Google

RECHERCHES

Sur la structure et sur l'origine du Mont Etna.

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT,
Ingénieur en chef des Mines.

CHAPITRE Ier.

Description orographique.

N'ayant observé l'Etna que pendant trois semaines (en septembre et octobre 1834), je ne puis avoir pour objet d'en donner dans ce mémoire une histoire, ni même une description complète.

Un grand nombre de savants siciliens, et notamment le chanoine Recupero, l'abbé Ferrara et M. Mario Gemellaro, ont, par de longs travaux, réuni des documents nombreux et riches en détails circonstanciés sur les éruptions et même sur la structure de l'Etna. Plusieurs savants étrangers au pays, et qui ne l'ont visité que passagèrement, particulièrement Dolomieu, Saussure, Brydone, le chevalier Hamilton, MM. Fleuriau de Bellevue,

Digitized by Google

Smyth, Herschel, Poulett-Scrope, Buckland, Lyell, Hoffmann, Constant-Prevost, Jackson, Abich, et plusieurs autres, ont fait sur les mêmes objets des observations importantes.

Tous ces matériaux ne pourraient être fondus en un corps d'ouvrage complet que par quelqu'un qui ferait sur les lieux un séjour prolongé. Je devrai me trouver heureux si, par quelques remarques faites dans des courses rapides, je réussis à faire envisager comme moins difficile la construction d'un édifice, dont l'achèvement présenterait un véritable intérêt pour la science, puisqu'il s'agit du volcan le plus considérable de l'Europe, et de celui de tous les volcans dont l'histoire authentique remonte à l'époque la plus reculée. Mais comme mes remarques, tout en ne s'appliquant spécialement qu'à quelques points, se rattachent cependant à la forme et à la structure générale de la montagne entière, je serai obligé de commencer par en tracer une esquisse rapide.

Tout le monde sait que l'Etna s'élève sur la côte orientale de la Sicile; que sa base est baignée par la mer et empiète même légèrement sur la ligne générale des rivages; que sa masse imposante et solitaire est complétement détachée des montagnes calcaires et granitiques qui remplissent une partie de son horizon; que la forme pyramidale de sa cime, l'aspect brûlé de ses flancs,

la disposition de leurs anfractuosités, qui décèle un groupement autour d'un centre commun, la belle et riante végétation qui couvre sa base, les villes, les villages élégants et presque monumentaux qui s'y détachent sur la verdure : que tout y révèle à l'œil, d'aussi loin qu'il puisse l'apercevoir, un massif à part, une existence individuelle, un de ces points où s'est concentrée de nos jours l'activité de la nature minérale, où vit une cause sans cesse agissante de destruction et de renouvellement, un *volcan*, à la fois source de désastres par les secousses qu'il occasionne, par les déjections dont il recouvre le terrain, et source de richesses par la nature du sol que font naître à la longue ses produits accumulés.

Les détails même de cet imposant tableau sont pour la plupart généralement connus; mais, parmi ces détails, il en est cependant une classe dont les descriptions, publiées jusqu'à ce jour, me paraissent laisser beaucoup à désirer : ce sont les anfractuosités qui accidentent la vaste pyramide dont le cratère de l'Etna occupe le point culminant. Les descriptions que le chanoine Recupero et M. Lyell en ont publiées, quoique généralement exactes dans les détails qu'elles renferment, ne donnent peut-être pas une idée complète de l'ensemble de ces anfractuosités aux personnes qui ne les ont pas observées. Désirant contribuer à introduire plus

complétement dans la science des éléments si remarquables, j'ai cru devoir ajouter de nouvelles figures à celles qu'ont déjà données les savants que j'ai cités, et j'ai cherché à rendre sensibles les traits généraux du massif de l'Etna, au moyen d'une carte (*Pl.* 1re) et de quatre vues (*Pl.* 2, 3, 4, 5); j'ai même essayé de réaliser en petit les éléments de ces diverses figures dans un modèle en relief construit sur l'échelle même de ma carte.

J'ai pris pour base du tracé de ma carte celui qui se trouve sur la carte marine de la côte orientale de la Sicile, par le capitaine Smyth, en y faisant seulement, quant aux positions des points, de légères modifications basées sur quelques mesures angulaires que j'ai prises de la cime de l'Etna et de diverses autres stations, au moyen d'un sextant et d'un horizon artificiel de Mercure. J'ai eu d'abord à rectifier, conformément à l'ouvrage même de M. Smyth, la position de la cime de l'Etna, à l'égard de laquelle le dessinateur s'était trompé d'une minute (1). J'ai été en outre conduit à porter Riposto plus au nord. J'ai profité, pour placer les cônes parasites et un certain nombre de villages, des cartes de l'Etna, publiées par le chanoine Recupero et par M. Gemellaro, et de la carte de Sicile, en quatre feuilles,

(1) Sicily and its Islands, by captain W. H. Smyth, p. 145, et appendix, p. 38.

Digitized by Google

publiée en 1809 et 1810, par l'état-major de l'armée sicilienne. J'ai aussi profité des dessins que M. le docteur Abich vient de publier. Quant au figuré du terrain, j'ai eu à le refaire presqu'en entier. Je me suis servi, pour cela, de croquis pris sur les lieux et des vues publiées par le chanoine Recupero, par M. Mario Gemellaro, par M. Smyth, par M. Lyell et par M. Abich. J'ai adopté l'échelle de $\frac{1}{111.111}$, qui est celle de la petite carte de l'Auvergne, par Desmarest, et des cartes du Cantal et des Monts-Dores, que j'ai publiées précédemment, de concert avec M. Dufrénoy (*Ann. des mines*, 3e série, t. III, et Mém. pour servir à une desc. géol. de la France, t. II) : cette conformité d'échelle facilitera les comparaisons.

Je ne doute pas que des levés rigoureux ne fissent apercevoir dans ma carte de nombreuses défectuosités; mais je croirai avoir rendu quelque service à la science si, en publiant cet essai, je provoque l'exécution d'une carte rigoureuse du principal volcan de l'Europe. J'ose espérer, du moins, que ma carte, tout imparfaite que je la suppose, ne donnera pas d'idées fausses sur la forme générale du massif ni sur la disposition de ses anfractuosités. Je crois pouvoir en dire autant des vues pl. 2, 3, 4 et 5. Ces vues ont pour base des croquis pris sur les lieux; mais sachant combien il est rare qu'en prenant une vue de montagne on

n'en exagère pas la saillie et qu'on n'en déforme pas l'ensemble, j'ai pris de chacune de mes stations les distances et les hauteurs angulaires des points les plus remarquables, et, à l'aide du calcul, j'ai développé mes croquis, de manière à faire de chacun d'eux une portion d'un panorama de 60 centimètres de rayon. Quant au modèle en relief, il n'est, comme je l'ai déjà dit, qu'une simple réalisation des éléments de la carte et des panoramas dont je viens de parler, et, en le regardant sous divers aspects, on s'assurera aisément de l'accord de mes différents dessins entre eux et avec ceux de MM. Recupero, Gemellaro, Lyell et Abich.

On sera sans doute étonné du peu de saillie de ce relief, et le même sentiment de surprise aura peut-être accueilli ma carte et mes panoramas. On ne pourra manquer de remarquer qu'ils répondent bien peu à l'image poétique que Pindare nous a laissée de l'Etna, la *Colonne du ciel*. On conçoit cependant que le rapport de la hauteur de l'Etna à sa base n'est pas un élément sur lequel il puisse aujourd'hui rester des incertitudes susceptibles d'être appréciées sur l'échelle que j'ai employée. La surprise dont je viens de parler ne serait réellement que l'expression de l'idée exagérée qu'on se fait généralement de la rapidité de l'Etna, et je pourrais même dire des montagnes en général.

La *platitude même de l'Etna*, s'il est permis d'employer cette expression, est peut-être, au reste, destinée à devenir aux yeux de la science un de ses traits les plus remarquables. Elle résulte surtout de l'adoucissement progressif que subissent les pentes en s'éloignant du centre du massif, et de la grande étendue que cet adoucissement fait acquérir à la base; et cet adoucissement, qui croît de siècle en siècle, résulte lui-même des lois mécaniques suivant lesquelles les coulées de laves et les déjections incohérentes s'étendent et se stratifient les unes sur les autres. Complétement analysée, cette faiblesse de la plus grande partie des pentes de l'Etna serait déjà presque une théorie, ainsi que j'essaierai de le faire voir dans la suite de mon travail.

La carte, pl. 1re, montre que l'Etna, sans former une île, est cependant environné d'eau presque de toutes parts. La mer baigne la partie orientale de sa base, et les rivières *Simeto* et *Onobola* le détachent presque complétement du reste de la Sicile, à la charpente montueuse de laquelle il ne se rattache que par un col dont la hauteur est à peine égale à un cinquième de la sienne.

Sa cime est le point culminant d'un espace irrégulièrement triangulaire, dont les trois côtés sont les deux rivières que je viens de nommer, et la partie de la côte de la Sicilè qui sépare leurs

embouchures. La plaine basse de Catane, couverte d'alluvions, occupe une partie de ce triangle; l'Etna forme sur le reste une pyramide à pentes inégales et quelquefois accidentées. Sur presque toute sa circonférence, une falaise plus ou moins prononcée marque la limite de son domaine. Au haut de cette falaise commence un terre-plein légèrement bombé, sur lequel s'élève un cône très-surbaissé, dont les pentes vont se terminer de toutes parts au pied d'une gibbosité irrégulière qui forme la montagne proprement dite, dont le terre-plein bombé et le cône surbaissé constituent en quelque sorte les avant-corps. Cette gibbosité est elle-même tronquée par une surface presque plane, sur laquelle s'élève en pain de sucre le cône ébréché que termine le cratère du volcan.

La planche 2, qui représente l'Etna vu de la ville de Lentini, située à 12 lieues au sud de sa cime, donne une idée de cette disposition. Le spectateur n'est séparé du commencement du terre-plein bombé que par la plaine de Catane, plaine basse et très-unie, qui se trouve cachée par les collines voisines de Lentini, au-dessus desquelles se déploie dans son entier le massif imposant de l'Etna.

La planche 3 est destinée à compléter l'idée générale exprimée par la planche 2, en représentant la *Gibbosité centrale* de l'Etna, vue de la cime

des Monti-Rossi, situés près de Nicolosi, à environ 3 lieues au sud du grand cratère, vers la ligne de jonction du terre-plein bombé et du cône surbaissé qui le surmonte.

Le terre-plein bombé, qui forme le commencement des pentes de l'Etna, est cultivé dans toutes les parties, que des coulées de laves trop récentes ne frappent pas de stérilité. On l'appelle la région cultivée (*Regione culta* ou *Regione piemontese*). Sa pente est très-légère : il est rare que sur une étendue un peu grande elle dépasse 3°, elle est souvent de moins de 2°.

Le cône surbaissé, auquel le terre-plein bombé va se rattacher par une augmentation plus ou moins progressive de sa pente, est couvert d'une vaste forêt de chênes, de pins et de quelques autres arbres qui ne s'interrompent que dans les parties couvertes récemment par les produits des éruptions. On l'appelle vulgairement *il Bosco*, le Bocage, ou *Regione sylvosa*, *Regione nemorosa*. Sa pente, quoique déjà très-sensible à l'œil, dépasse rarement 7 à 8°. Je nommerai souvent ces pentes régulières les *Talus latéraux de l'Etna*. Leur uniformité n'est guère interrompue que par les cônes de scories qu'y ont formé les éruptions latérales, et dont les planches 2 et 3 indiquent les formes et les proportions. Le *Monte-Minardo*, qui se voit sur la gauche de la planche 2, est un

des plus considérables de ces *cônes parasites*.

En se rapprochant du centre du massif, l'ensemble presque régulièrement conique de ces talus latéraux est brusquement interrompu par un groupe de saillies plus rapides, dont j'ai déjà désigné la réunion par le nom de *Gibbosité centrale*. Cette gibbosité est l'Etna proprement dit, la *Montagna*, le *Mongibello* des habitants du pays. L'excentricité de ses contours fait qu'elle interrompt la régularité des différents talus à des hauteurs diverses. Toute la partie de ses flancs, qui se trouve comprise au-dessous de 1,700 mètres, est encore couverte par les arbres du Bosco; le reste est nu et constitue ce qu'on appelle la troisième région de l'Etna, *Regione deserta*, *Regione scoperta*, *Regione netta*.

Cette gibbosité centrale n'est pas un cône, mais elle ressemble à peu près aux débris d'un cône elliptique, dont une partie aurait disparu. Sa partie la plus massive et la plus élevée se présente comme une espèce de tronc, duquel partent, suivant l'expression de M. le chanoine Recupero, deux bras légèrement recourbés l'un vers l'autre, qui embrassent un espace grossièrement elliptique, dans l'intérieur duquel se prolongent avec leur pente et leur régularité ordinaires les talus latéraux. Les planches 4 et 5 sont destinées à donner une idée de cette disposition.

Les deux bras de la montagne sont deux crêtes étroites, presque tranchantes, quelquefois dentelées, dont les deux pentes sont inégales. Les pentes extérieures, quoique rapides, ne sont jamais escarpées, elles atteignent même rarement 32° d'inclinaison avec l'horizon. Au contraire, les pentes intérieures, qui se regardent mutuellement, sont abruptes et souvent même presque perpendiculaires sur des hauteurs de plusieurs centaines de mètres. L'espace qu'elles circonscrivent, et qu'on appelle le *Val del Bove*, est un cirque immense, d'où les regards ne peuvent s'échapper que du côté de la mer. C'est dans les flancs de ce vaste abîme que l'histoire des commotions qui ont façonné l'Etna se trouve écrite en caractères ineffaçables, que j'essaierai de déchiffrer dans la suite de ce mémoire.

Du pont d'Alcantara, situé sur la rivière Onobola, au bord du massif de l'Etna, l'œil embrasse dans presque toute son étendue le Val del Bove, comme le représente la planche 4, et, par un temps serein, au lever du soleil, on peut à la fois saisir l'ensemble et tous les détails de sa structure. La planche indiquée représente dans tout son développement la paroi méridionale du cirque, qui s'appelle le *Monte-Zoccolaro*. Cette crête, escarpée vers le nord, se termine vers l'est à un défilé nommé *Porta de Callana*, par lequel

on peut sortir du Val del Bove pour descendre à Zaffarana. Vers l'ouest ou vers la droite, elle se rattache au tronc de la montagne; près du point de jonction elle est couronnée par un dôme de scories formé, au moins en partie, dans l'éruption de 1763; on l'appelle la *Montagnuola*, ou la Petite Montagne, nom qui vient sans doute de ce qu'aux yeux des habitants de Nicolosi cette cime rivalise presque, comme le montre la planche 3, avec la cime de l'Etna, qui est la montagne proprement dite. A droite de la Montagnuola, au fond du Val del Bove, le tronc de la montagne présente une pente très-rapide, de 28° dans son ensemble, et quelquefois même escarpée dans certaines parties. On appelle cette pente *Serre del Solfizio*; elle est interrompue par deux crêtes rocheuses qui s'y élèvent à une grande hauteur, et qu'on appelle *Rocca Giannicola* et *Rocca del Solfizio*.

Le flanc septentrional du Val del Bove ne se voit sur la planche 4 que par derrière, et presque en raccourci. La partie la plus élevée de cette crête se rattache au corps de l'Etna, dont elle est cependant détachée en partie par un vallon profond, où la neige ne fond jamais complétement, et qu'on appelle *Valle del Leone*. Ce point le plus élevé de la crête septentrionale, est appelé aujourd'hui *Shiena dell'Asino*. Son prolonge-

ment s'appelle *Monti delle Cancazze*, et quelques-unes de ses dentelures portent les noms de *Monte Monacco* et *Il Poyo*. Sa terminaison vers l'est ou vers la mer s'appelle *Finaïte della Cirritta*. Sur le revers septentrional de la *Shiena dell' Asino*, se trouve, pour ainsi dire à son pied, un cône parasite formé de scories rouges, figuré sur la planche 4; on l'appelle *Monte Rosso*. Il marque le point où les talus latéraux viennent se rattacher de ce côté à la gibbosité centrale. C'est seulement au-dessous de ce cône que cette partie des pentes de l'Etna est couverte de déjections modernes.

Le fond du Val del Bove, formé lui-même de coulées modernes entassées les unes sur les autres, s'élève en pente douce entre les escarpements qui le circonscrivent jusqu'au pied du *Serre del Solfizio*. La couleur noire des laves qui le couvrent tranche d'une manière prononcée avec la couleur grisâtre des escarpements du *Solfizio*, du *Monte Zoccolaro* et de la *Shiena dell' Asino*. Ainsi que l'indique la planche 4, plusieurs coulées de laves sont descendues sur la pente du Serre del Solfizio, ou à son extrémité septentrionale, pour venir se confondre avec la mer de laves qui couvre le fond du Val del Bove, à peu près comme les glaciers du Mont-Blanc, des grandes Jorasses et de l'Aiguille du midi viennent se réunir

et se confondre dans la mer de glace de Chamouny.

La planche 5 est aussi destinée à donner une idée de la forme et de la grandeur du *Val del Bove*; mais elle ne montre que le contour supérieur des escarpements qui le circonscrivent : les regards sont arrêtés en avant du *Val del Bove* par une large sinuosité du *Monte Zoccolaro*, par-dessus laquelle on aperçoit la partie supérieure du *Serre del Solfizio* et les extrémités des crêtes de la *Rocca Gianniccola*, et de la *Rocca del Solfizio*. Sur la gauche on voit les escarpements tourner au pied du dôme de scories de la *Montagnuola*, et les premières crêtes du monte Zoccolaro, se présentent en raccourci. A droite on voit la serre del Solfizio se terminer à un petit cône de scories, qui est venu pour ainsi dire s'implanter sur son extrémité; mes guides me l'ont désigné sous le nom de *Boccone de Lunegi*. Plus à droite encore on voit l'enfoncement du *Valle del Leone*, au-dessus et à droite duquel s'élèvent les escarpements de la *Shiena dell' Asino*. Les escarpements de cette cime, et ceux des *monti delle Concazze*, qui en sont le prolongement, se dessinent par une ligne presque droite, *fait qui m'a paru des plus remarquables*, parce qu'eu égard à ma position par rapport à ces crêtes, il m'a permis de conclure qu'elles font toutes partie d'une vaste

écaille, presque plane, et inclinée de 27 à 30°, qui constitue tout le flanc septentrional de la gibbosité centrale de l'Etna.

J'aurais désiré pouvoir transporter aussi le spectateur sur le couronnement du serre del Solfizio, près du cône de scories qui le termine, mais j'ai été arrêté par la difficulté de dessiner d'une manière intelligible un terrain vu de haut en bas, et dont par conséquent aucune partie ne se projetait sur le ciel. M. Lyell a su vaincre en partie cette difficulté, et on trouvera, dans le tome III de la 4e édition de ses *Principles of Geology*, pl. IX, p. 432, une vue du Val del Bove, dessinée dans la direction dont il s'agit. De ce point, où je me suis arrêté pour mesurer une partie des angles, qui m'ont servi à dresser ma carte, j'embrassais, comme l'indique la planche citée de l'ouvrage de M. Lyell, toute la pente orientale du massif de l'Etna, depuis Taormina jusqu'à Catane et au-delà, et je planais sur le Val del Bove. Il se présentait comme une ellipse tronquée, dont le sommet existant était tourné vers la mer, et dont l'autre sommet était coupé par le Serre del Solfizio, dont l'arête, presque rectiligne, se dirigeait de la *Montagnuola* à la *Shiena dell' Asino*. La plus grande dimension de cette ellipse tronquée est la longueur de la portion existante de son grand axe, qui est d'environ 9.000 mètres;

la plus grande largeur, qui représente le petit axe, est d'environ 5.000 mètres.

De la *Montagnuola* et de *la Shiena dell' Asino*, je voyais partir les escarpements des deux bras de la montagne, qui, en s'abaissant graduellement, allaient presque se réunir au-dessus de Milo pour former le sommet de l'ellipse. L'intervalle qui restait entre leurs extrémités était rempli, et presque effacé par une série de petits escarpements détachés, de la même apparence que les escarpements principaux. Ces derniers présentaient chacun une inflexion qui faisait saillie dans le Val del Bove, à peu près au milieu de sa longueur ; elles y déterminaient un léger étranglement. Cet étranglement était même rendu encore plus sensible par une sorte de barrage qui se détachait de la saillie des *Monti delle Concazze*, et qui s'avançait vers la saillie correspondante du *Monte Zoccolaro*. Les laves modernes, en se répandant dans le fond du Val del Bove, se sont déversées comme des cascades par-dessus ce barrage, mais elles n'ont fait qu'entourer plusieurs pitons rocheux qui le couronnent, et qu'on appelle *Capra*, *Musarra* et *Lepre*.

En suivant sur mes dessins, et sur ceux des auteurs déjà cités, les détails dans lesquels je viens d'entrer, on comprendra, je crois, sans

peine, que la gibbosité centrale de l'Etna n'est réellement autre chose que le contour inégal du vaste cirque, appelé *Val del Bove*, et que ce que j'ai appelé le tronc de la montagne, tronc duquel partent les deux bras que j'ai décrits, n'est lui-même que la partie la plus large et la plus intacte de l'ensemble de ce contour. Ce tronc est bien loin d'être circulaire, il est beaucoup plus large dans le sens de la circonférence que dans la direction transversale, et il se coordonne à la forme générale de cette circonférence, de telle sorte que si on retranchait la partie nécessaire pour donner au cirque une figure complétement elliptique, on réduirait à peu près ce tronc à l'épaisseur des autres parties du contour.

Ce renflement des contours du grand cirque est terminé supérieurement par une surface presque plane, légèrement inclinée du nord au sud, qui fait au premier abord l'effet d'une troncature accidentelle, mais dont l'existence est intimement liée à la structure intérieure du massif qu'elle couronne. On l'appelle *Piano del Lago*, d'après une flaque d'eau qu'y formaient autrefois les eaux de la fonte des neiges, ou *Piano Arenoso*, d'après les sables volcaniques qui couvrent une grande partie de sa surface.

Sur le Piano del Lago se trouvent plusieurs constructions, dont les plus remarquables sont

la *Casa Inglese*, qui sert aujourd'hui d'abri aux voyageurs, et la *Torre del Filosofo*.

Cette dernière, qui paraît être une construction grecque ou romaine, est certainement un des objets les plus intéressants que l'Etna offre aux géologues. On peut dire que, sans y penser, les anciens ont établi là un point de repère presque aussi important pour la géologie que pourront l'être dans 1.500 ans les repères tracés par Celsius sur les rochers du golfe de Bothnie. Il est en effet évident, comme Brydone l'a déjà remarqué, et comme je le développerai plus loin, que les déjections de l'Etna, n'ayant pu depuis 1.500 ou 2.000 ans ensevelir ce faible édifice, ce ne sont pas elles qui ont nivelé le Piano del Lago, qui doit être considéré, tout aussi bien que le grand cirque, comme un des traits primitifs de la gibbosité centrale de l'Etna. La Torre del Filosofo se trouve sur une petite éminence du Piano del Lago, peu éloignée de la crête du Serre del Solfizio; je l'ai indiquée sur mes quatre vues.

Au milieu de la partie septentrionale du Piano del Lago s'élève le cône terminal de l'Etna, qui s'y trouve presque aussi nettement circonscrit que le massif de l'Etna l'est lui-même au milieu des montagnes de la Sicile. Ainsi qu'on le verra plus loin, ce cône terminal est l'ouvrage et le domaine spécial des feux volcaniques actuels, tandis que

le massif de la gibbosité centrale dont le Piano del Lago forme le couronnement, est le monument gigantesque de phénomènes qu'on ne peut aujourd'hui que deviner.

Ce cône terminal, dont mes divers dessins indiquent la configuration actuelle, n'est qu'un édifice éphémère; à chaque éruption il change de forme, tantôt il s'élève, tantôt il s'en écroule de vastes lambeaux, dont la chute laisse à ce qui reste un contour ébréché. Ce contour, il y a peu d'années, était tellement dentelé qu'on donnait habituellement aux parties les plus élevées le nom de *Bicorne*. Quelquefois ce cône si mal assis s'éboule en entier, et le gueulard du foyer volcanique se réduit alors à un soupirail immense, ouvert sans aucun parapet au milieu du Piano del Lago. L'histoire de l'Etna présente plusieurs exemples de ce phénomène, dont le dernier ne remonte qu'au commencement du dix-huitième siècle. Des éruptions subséquentes régénèrent ensuite le cône terminal. Celui qu'on voit aujourd'hui n'a guère qu'un siècle d'existence, et il s'écroule déjà pièce à pièce.

La hauteur de la troncature ébréchée de ce cône étant variable, sa détermination rigoureuse, à une époque donnée, ne présente que peu d'importance, et par conséquent la détermination de la hauteur totale de l'Etna à une époque donnée, n'a elle-

même qu'une importance momentanée. Les points de l'Etna, dont la hauteur est véritablement importante à déterminer, sont des points fixes pris sur le Piano del Lago, tels que la *Casa Inglese* ou la *Torre del Filosofo*.

M. le capitaine W. H. Smyth et M. J. F. W. Herschel ont déterminé ces hauteurs en même temps qu'ils ont mesuré celle qu'avait à l'époque de leurs voyages le point le plus haut des bords du cratère. Par là, ils ont rendu à la science un service qui, comme M. Boussingault l'a judicieusement remarqué dans son mémoire sur le Chimborazo (1), deviendra avec le temps de plus en plus important, en donnant les moyens de déterminer les changements que la hauteur de ces points, fixes en apparence, éprouve elle-même par l'effet des secousses qui accompagnent les éruptions. Aux époques des ascensions de ces deux savants, la hauteur du point culminant des bords du cratère était la même. Le premier, par des opérations trigonométriques, a trouvé 10.874 pieds anglais = 3.314 mètres. Le second, par des mesures barométriques, a trouvé 10.872 pieds anglais = 3.313 mètres. La coïncidence presque

(1) Ascension au Chimborazo, exécutée le 16 décembre 1831 par M. Boussingault (*Annales de chimie et de physique*, t. 58, p. 150, février 1835).

exacte de ces deux résultats, obtenus par des voies si différentes, doit laisser peu de doute sur leur exactitude. La moyenne de ces deux hauteurs qui ne diffèrent pas d'un mètre, serait de 3.313^{m},50. Cette moyenne se trouve comfirmée par le peu de différence qu'elle présente avec les mesures obtenues par M. Cacciatore (3321^{m},8) et par M. Schouw (3359^{m}), qui ont déterminé la hauteur de la cime de l'Etna à des époques où elle était aussi la même que lorsque MM. Smyth et Herschel ont exécuté leurs mesures (1).

Ces nombres, déterminés avec tant de soin, ne sont déjà plus que des documents historiques. Au mois de novembre 1832, la cime la plus haute de l'Etna, qui n'était autre chose que le point le plus saillant des bords déchirés du cratère, a été engloutie à la suite d'une violente secousse, et le premier rang est resté à la dentelure qui n'occupait auparavant que le second. Je crois que la hauteur de cette dernière doit s'éloigner peu en ce moment de 3.300 mètres, nombre qui ne peut être lui-même que provisoire, car le point culminant actuel n'est pas plus immuable que le précédent.

---

(1) Voyez l'article *Etna* dans l'ouvrage de M. de Buch sur les îles Canaries et sur les volcans en général, publié en français. Paris, Levrault, 1836.

MM. Smyth et Herschel, ayant trouvé la même hauteur pour la cime de l'Etna, ont trouvé aussi des résultats semblables entr'eux pour les autres points qu'ils ont mesurés. J'ai réuni tous ces résultats dans le tableau suivant, et j'y ai joint, d'après M. Abich, les résultats de diverses mesures barométriques exécutées par M. Hoffmann, ainsi que l'évaluation de quelques autres hauteurs que j'ai essayé de déterminer approximativement par une estimation comparative.

Tableau des hauteurs des points les plus remarquables du massif de l'Etna.

	m.
Hauteur que pourrait tout au plus atteindre la pointe du cône supérieur de l'Etna s'il n'était pas tronqué par le cratère.	3475
Cime la plus élevée du bicorne du cratère telle qu'elle se trouvait avant l'éruption de 1832 (Smyth et Herschel)	3314
Seconde cime du bicorne qui subsiste seule aujourd'hui, et qui forme en ce moment le point culminant de l'Etna	3300
Pied du cône supérieur qui renferme le grand cratère (Smyth)	2975
CASA INGLESE (avant 1832 (Smyth et Herschel)	2924
Monte Frumento (Hoffmann)	2902
TORRE DEL FILOSOFO (avant 1832) (Smyth et Herschel)	2885
Schiena dell' Asino (Hoff.)	2861
Crete de l'escarpement *del solfizio*, un peu au sud du petit cratère d'éruption appelé Boccone de Lunegi. Environ	2835
Montagnuola (Hoff.)	2756
Pietra di Piano del Lago (Hoff.)	2286
Glacière de l'Évêque de Catane (Smyth)	2259
Pied de la gibbosité centrale du côté qui regarde l'O. S. O. Environ	1943
Partie supérieure du Bosco (Smyth) ?	1914
Monte Zoccolaro (Hoff.)	1782
Limite de la végétation (Hoff.) ?	1754

	m.
Monte dei Fagi (sur la pente qui regarde Nicolosi) (Hoff.)	1729
Pied du Serre del Solfizio (Hoff.)	1719
Rocca Musarra (Hoff.)	1582
Salto di Giumento (Hoff.)	1435
Monte Grosso (Hoff.)	1428
Monte Pinitello (Hoff.)	1296
Angelo (maison du berger) (Smyth)	1282
Cime du monte Minardo. Environ	1100
Monte Serra Pizzuta (Hoff.)	1033
Cime du mont Elce. Environ	980
Monti Rossi (Hoff.)	977
Porta di Callana (Hoff.)	966
Bronte (Hoff.)	828
Randazzo (Hoff.)	827
Nicolosi (couvent) (Smyth)	746
Nicolosi (Hoff.)	708
Nicolosi (maison de M. Mario Gemellaro) (Herschel)	682
La rivière Onobola, près de Randazzo. Environ	680
La rivière Simeto en face de Bronte (Hoff.)	650
Zaffarana (Hoff.)	604
Annunziata (Hoff.)	551
Lingua Grossa (Smyth.)	528
Station d'où j'ai dessiné la vue pl. 5, au-dessous de Zaffarana. Environ	520
Santa Lucia (Hoff.)	430
La Motta di Catania (Hoff.)	264
Piedemonte. Environ	250
Aci-Reale. Environ	244
Fasano (Hoff.)	185

CHAPITRE II.

Récit d'une promenade sur l'Etna.

Je suis monté sur le bord du cratère de l'Etna, le 19 septembre 1834, avec M. Léopold de Buch, M. le professeur Link, M. Achille Richard, et plusieurs autres savants.

Nous partîmes de la *Casa Inglese* environ une heure et demie avant le lever du soleil. Nous traversâmes d'abord avec lenteur une coulée de lave qui, en 1754, est sortie du pied du cône supérieur, est venue se bifurquer près de l'emplacement où la *Casa Inglese* a été bâtie en 1811, et dont les deux bras poursuivent, à partir de là, sur la surface du Piano del Lago, des cours séparés, l'un vers l'E. et l'autre vers le S.-E. Quoique cette lave ait coulé sur un terrain très-uni, et incliné seulement de 4 à 6°, sa surface est extrêmement raboteuse, et la traversée en est assez pénible. Bientôt après nous commençâmes à monter les premières pentes du cône supérieur, que nous abordâmes par une partie déchirée, dont les anfractuosités présentent des pentes moins rapides que ne le sont les parties

régulièrement coniques. Au milieu des anfractuosités de ce terrain inégal, nous ne tardâmes pas à apercevoir, à la faible clarté d'un ciel étoilé, un espace blanchâtre, qui semblait au premier abord couvert d'une petite couche de neige, mais qui réellement ne devait sa couleur qu'à l'altération des roches et à des efflorescences salines. Au milieu de cet espace nous distinguâmes en plusieurs points des flammes pâles et à peine lumineuses qui paraissaient sortir de terre. Nous nous en approchâmes pour les observer, et même pour jouir de leur chaleur, car la température de l'air était presque à zéro : en un instant nous fûmes tous réunis autour de ces foyers naturels, dont la flamme sulfureuse, répandant sur nous une lueur livide, donnait véritablement au groupe que nous formions en nous chauffant l'aspect d'une troupe de fantômes, plutôt que d'une réunion scientifique.

Les flammes occupaient les orifices de plusieurs ouvertures irrégulières, larges d'un à deux mètres, qui n'étaient que des élargissements d'une crevasse tortueuse. Elles étaient évidemment produites par un gaz qui se dégageait de cette crevasse, et qui ne trouvait qu'à sa sortie l'oxigène nécessaire pour sa combustion. La combustion avait lieu presque exactement dans le plan de la surface du sol. La flamme s'élevait rarement à

un mètre au-dessus; elle produisait un bruit un peu intermittent, assez analogue à celui d'un très-grand feu, ou, plus exactement, à celui qu'on entend près des buses d'un haut-fourneau dont la soufflerie est mal réglée. Les gaz produits par la combustion étaient tout-à-fait irrespirables; ils avaient une très-forte odeur d'acide sulfureux; on distinguait aussi quelques bouffées d'hydrogène sulfuré, mais je n'y ai jamais distingué l'odeur de l'acide hydrochlorique. Tout annonçait donc que la flamme était entretenue par un courant d'hydrogène sulfuré; et plus tard, lorsque le soleil éclairait la montagne, on voyait un long nuage bleuâtre partir de ce point de sa surface. Les efflorescences blanchâtres qui couvraient le sol aux alentours avaient une saveur très-styptique : c'étaient évidemment des sulfates.

Le crépuscule qui commençait à paraître nous fit abandonner cette première station, et nous gravîmes la pente extérieure du cratère. Avant que le jour fût complet, nous atteignîmes le point le plus haut de ce qui reste aujourd'hui de la cime naguère la plus élevée. Ce fut pour nous tous un moment de surprise assez difficile à dépeindre : nous nous trouvâmes à l'improviste, non au bord du grand cratère, mais au bord d'un gouffre presque circulaire, d'environ 80 à 100 mètres de diamètre, qui ne touche au grand cratère que par

une petite partie de sa circonférence. Ce gouffre occupe exactement la place de la cime dont M. W. Smyth et M. John Herschel ont mesuré la hauteur; il s'est formé au mois de novembre 1832, par la disparition de cette cime, qui, à la suite d'une violente secousse, a été engloutie dans les abîmes intérieurs de la montagne. Nos regards plongeaient avidement dans cet entonnoir presque cylindrique; mais c'était en vain qu'ils y cherchaient le secret de la volcanicité! Les assises à peu près horizontales, qui se dessinaient dans ses escarpements presque verticaux, ne nous révélaient que la structure du cône supérieur. En cherchant à les compter les unes au-dessous des autres, on les voyait se perdre peu à peu dans l'obscurité complète du fond. Aucun bruit ne sortait de ce fond ténébreux, il ne s'en exhalait que des vapeurs blanchâtres, légèrement sulfureuses, formées principalement de vapeur d'eau. L'aspect lugubre de ce gouffre noir et silencieux, dans lequel nos regards se perdaient; ses flancs obscurs et humides, le long desquels serpentaient d'une manière languissante et monotone, de longs flocons de vapeur d'une teinte grise et mélancolique; le grand cratère auquel se rattache le gouffre étroit, et dans lequel l'entassement confus de matières diversement colorées en jaune, en gris, en rouge, semblait l'image du

chaos : tout présentait autour de nous un aspect funèbre et sépulcral. Le froid du matin, secondé par un léger vent du N.-E., augmentait encore pour nous cette impression triste et sauvage.

Mais bientôt nos regards furent attirés vers l'extérieur : l'orient s'anima, le tableau s'agrandit par degrés; la Sicile, la Calabre, le cône élégant de Stromboli, sortirent peu à peu des ombres du crépuscule; le disque du soleil parut au-dessus de la mer ionienne, d'abord terne et irrégulier; bientôt, s'élevant de plus en plus et se réduisant à son cercle ordinaire, il brilla de tout son éclat; la grande ombre de l'Etna, qui couvrait d'abord une partie considérable de la Sicile, se raccourcit à vue d'œil comme celle d'un gnomon gigantesque. Mais à mesure que le soleil s'élevait, l'air devenait moins transparent, et le tableau que nous avions sous les yeux devenait moins distinct à mesure qu'il s'éclairait davantage. Au bout d'un quart-d'heure il fallut renoncer à en distinguer les détails les plus éloignés, et restreindre nos observations aux objets qui nous entouraient.

Avant de descendre, je mesurai, au moyen d'un sextant et d'un horizon artificiel de mercure, l'angle de dépression du point de la côte le plus rapproché, situé à côté du village de Santa-Anna, non loin de Riposto. Je trouvai cet angle de 9° 28′. J'aurais tenu compte de cette observation dans les

légères corrections que j'ai fait subir à la carte de Smyth, si je n'avais cru devoir lui en préférer une autre qui n'était pas affectée au même degré par la réfraction.

L'aspect de ce vaste horizon m'avait si vivement attaché, que le lendemain, à la même heure, je remontai encore sur le même observatoire, pour jouir une seconde fois du même spectacle. Pendant le temps que j'y demeurai, mon guide cherchant à s'échauffer, se mit à remuer quelques-uns des blocs de lave qui, lancés par les éruptions, gisent en grand nombre sur le bord du petit cratère formé par éboulement en 1832. Il en fit rouler quelques-uns dans le gouffre et je fus frappé de la longueur du temps que le bruit de leur chute mettait à revenir à mon oreille. Je mesurai cet intervalle aussi exactement qu'il était possible de le faire avec une montre ordinaire; il me parut, après plusieurs essais, être d'environ $\frac{1}{5}$ de minute, ce qui, en ayant égard au temps que le son mettait à revenir du fond à l'orifice, suppose une chute d'environ 400 mètres. La chute de chacun de ces blocs se terminait par un coup sec et violent qui annonçait qu'il tombait et qu'il s'arrêtait sur des masses solides. Ces masses solides ne sont cependant elles-mêmes, selon toute apparence, que la partie supérieure de l'amas de débris produit par l'éboulement.

Dans cette seconde ascension, je pris avec la boussole les directions de divers points sur les bords du cratère, sur le Piano del Lago, etc.; et, pour rendre cette détermination plus exacte, j'eus l'idée d'orienter ma boussole d'après la position du soleil. Comme c'était le 20 septembre, jour de l'équinoxe, le soleil, après s'être un peu détaché de l'horizon de la mer, devait se trouver à très peu près à l'Est, et je remarquai avec surprise qu'en dirigeant vers le centre de son disque le point *Est* de ma boussole, l'aiguille ne tombait qu'au Nord 14° O., tandis que dans cette partie de la Sicile la déclinaison est généralement d'environ 16 $\frac{1}{2}$, et tandis que M. Fischer, en 1829, avait trouvé sur cette même cime de l'Etna une déclinaison de 18°35'. Je conclus de là que sur la cime de l'Etna l'aiguille aimantée se trouve aujourd'hui ramenée vers le méridien vrai d'environ 2° $\frac{1}{2}$, tandis qu'en 1829 elle en était écartée d'environ 2° en sus de la déclinaison ordinaire. Si l'Etna était une montagne ordinaire, ces deux observations seraient contradictoires; mais comme entre les deux observations a eu lieu la grande éruption de 1832, tout s'expliquera facilement, pourvu qu'on admette que sur la surface d'un volcan la direction de l'aiguille aimantée est influencée par l'état dans lequel se trouve, au moment de l'observation, l'appareil volcanique.

Digitized by Google

Depuis mon retour, j'ai trouvé qu'en ne supposant qu'une déclinaison de 14° dans toutes les observations de direction que j'ai faites, non-seulement de la cime de l'Etna, mais encore de divers points du Piano del Lago, ces observations se rapportaient sur ma carte beaucoup plus facilement qu'elles ne l'auraient fait si j'avais supposé la déclinaison de 16 $\frac{1}{2}$, comme dans le reste de la contrée.

Le 19, lorsque l'horizon de l'Etna eut perdu la transparence du matin, nous redescendîmes vers la *Casa Inglese*, en repassant près des flammes sulfureuses dont j'ai parlé plus haut, et nous suivîmes quelque temps la crevasse qui leur donne issue. Cette crevasse passe à l'est de la *Casa Inglese*, elle rase ensuite la *Torre del Filosofo*, et va se perdre vers l'extrémité du *Piano del Lago*, dans la direction de la *Montagnuola*. Je la décrirai plus loin, ainsi que la *Torre del Filosofo* elle-même. Nous nous avançâmes ensuite vers le bord oriental du Piano del Lago, au haut de la crête du *Serre del Solfizio*, d'où nos regards, plongeant sur le vaste cirque du val del Bove l'embrassaient dans son entier. Je m'y arrêtai longtemps pour me rendre compte de sa forme et pour prendre les notes et les angles qui m'ont fourni les premiers éléments d'après lesquels je l'ai décrit et figuré. Je mesurai, par exemple, à quelques

minutes d'intervalle la dépression apparente de Catane (5° 58′) et de Santa-Anna (9° 2′); c'est au moyen de cette dernière observation, que j'ai rectifié la distance de Santa-Anna au bord du Piano del Lago, en supposant exacte la position de Catane.

Au milieu de la journée, je retournai vers le cône supérieur, pour visiter le grand cratère. Je gravis la pente qui aboutit à la saillie aujourd'hui la plus élevée de ses bords. Cette arête du cône est inclinée dans son ensemble de 30°, mais elle présente dans quelques parties des pentes de 32 à 35°; en d'autres points la pente se réduit à 25°. L'ascension en est assez pénible; elle se fait sur des lapilli presque incohérents, sur lesquels sont épars des blocs de lave à grain serré, dont les plus gros ont près d'un mètre de diamètre; ils y ont été lancés par les éruptions. Ces blocs mal assurés exigeaient quelques précautions de ma part et de celle de mes guides, pour ne pas les faire rouler de manière à nous blesser mutuellement. Mais ces obstacles sont du nombre de ceux qui n'exigent que de la patience, et nous atteignîmes, sans autre embarras, la cime la plus élevée de la montagne.

Cette cime fait partie intégrante de la circonférence du grand cratère; elle n'est que la dentelure aujourd'hui la plus élevée de la crête à peu près circulaire qui l'entoure. Cette crête s'élève et s'échancre successivement plusieurs fois dans l'é-

tendue de la circonférence totale ; sa partie la plus basse est tournée vers le N.-N.-O., tandis que la cime la plus élevée, sur laquelle j'étais monté, occupe le S.-S.-E. Plusieurs des échancrures qu'elle présente sont très-abruptes, de sorte qu'il serait impossible d'en suivre sans interruption toute la circonférence.

Ce n'est, comme je l'ai déjà dit, que depuis le mois de novembre 1832 que la cime, aujourd'hui la plus saillante, se trouve dominer tout le reste; auparavant elle n'occupait que le second rang, elle était dominée par la cime écroulée à cette époque, et qui se trouvait à environ 150 mètres plus au N.-E. Elles constituaient à elles deux ce qu'on appelait le *Bicorne*. M. Mario Gemellaro a estimé à 7 cannes ou environ 14 mètres la différence de hauteur des deux pointes de ce bicorne; et comme MM. W. Smyth et John Herschel ont trouvé 3.314 mètres pour la hauteur de la pointe la plus élevée, la seconde pointe, celle qui subsiste encore, doit avoir environ 3.300 mètres.

De cette sommité ma vue embrassait de nouveau tout l'horizon que j'avais contemplé le matin, mais toutes les parties éloignées étaient obscurcies par le peu de transparence de l'atmosphère. Je pouvais cependant distinguer toute la circonférence de la base de l'Etna. Mais une remarque

assez importante, et que j'ai faite aussi des autres points des bords du cratère sur lesquels je suis monté, c'est que je ne voyais pas les déclivités rapides du massif de l'Etna, les bords du Piano del Lago me les dérobaient et se projetaient sur la surface des talus latéraux. Ainsi, je ne voyais pas la partie du fond du val del Bove la plus rapprochée de moi, je n'en voyais que le milieu et la terminaison orientale. Pour apercevoir les déclivités qui viennent se terminer au Piano del Lago, il faut s'avancer jusqu'au bord de ce terre-plein, comme je l'avais fait le matin, du côté du Serre del Solfizio. Cette disposition est fidèlement reproduite sur la carte, *pl.* 1re; les vues, *pl.* 2, 3, 4, 5, l'indiquent également.

Arrivés sur cette cime, nous nous y trouvâmes au milieu de fumées blanchâtres qui se dégageaient à travers les cendres et les lapilli qui la composaient et leur communiquaient une chaleur très-sensible, même à travers la chaussure. Elles couvraient le sol d'efflorescences blanches ou jaunes. On y distinguait alternativement l'odeur de l'acide sulfureux et celle de l'acide hydrochlorique; mais elles n'étaient pas suffocantes, la vapeur d'eau y dominait considérablement. Ce dégagement de vapeurs à travers la cime actuelle doit naturellement faire naître l'idée que des vides existent dans son intérieur; qu'elle n'est guère mieux assurée que

ne l'était sa sœur, et qu'elle pourra bien être engloutie elle-même dans quelque prochaine convulsion de la montagne.

Cette cime ne touche pas immédiatement le petit cratère sur le bord opposé duquel j'avais été le matin, mais elle s'y rattache par une pente si rapide, qu'il y aurait eu de la témérité à s'y engager. Elle touche, au contraire, le grand cratère vers lequel elle est coupée à pic. Malgré les vapeurs qui nous enveloppaient, je pouvais en distinguer toutes les parties. Il ne présentait rien de majestueux; il était rempli jusqu'à un niveau moyen de 80 ou 100 mètres au-dessous de moi, par des blocs de laves, des lapilli et des scories entassés sans ordre, sous forme de monticules irréguliers, confusément groupés les uns à côté des autres, et qui m'ont rappelé la comparaison déjà faite plusieurs fois de l'intérieur du cratère du Vésuve, avec un modèle en relief de la Suisse.

Les parois intérieures du cratère étaient en général coupées à pic, et les assises qui composaient le cône supérieur s'y dessinaient par des lignes à peu près horizontales. Mais plusieurs des monticules, dont le cratère était rempli, étaient adossés à ces mêmes parois, et formaient des talus sur lesquels il était facile de descendre. Nous en choisîmes un situé dans une échancrure, à environ 150 mètres à l'est de la cime la plus élevée, et

nous circulâmes assez longtemps au milieu de l'espèce de chaos dont je viens de parler; il présentait, vu de près, un spectacle plus bizarre qu'intéressant. Les monticules qui le composaient étaient formés de blocs de laves anguleux de diverses grosseurs, de lapilli et de cendres; ils avaient de 15 à 30 mètres de hauteur. De beaucoup de points de leurs surfaces sortaient des fumées blanchâtres, chaudes, plus ou moins épaisses, composées principalement de vapeur d'eau, mais ayant cependant une forte odeur d'acide sulfureux et d'acide hydrochlorique, l'un et l'autre de ces deux acides dominant alternativement. Les surfaces à travers lesquelles sortaient ces fumées étaient en partie couvertes d'efflorescences salines blanches, qui paraissaient être des sulfates acides, et en partie colorés en orangé par des muriates de fer, ou en jaune foncé par des particules de lave, en parties décomposées par les acides. Dans quelques fissures j'ai trouvé du *gypse blanc fibreux*, mélangé de lave décomposée, jaunâtre, pulvérulente, dans laquelle se rencontrent quelquefois des nodules de soufre. Quelques parties, qui ne donnaient plus issue aux vapeurs, mais à travers lesquelles il paraissait en être sorti, étaient colorées elles-mêmes en jaune foncé ou en rouge. Les surfaces à travers lesquelles les vapeurs sortaient étaient fortement chargées d'acides, car,

m'étant mis à genoux sur une de ces fumarolles pour recueillir les efflorescences salines, je remarquai le lendemain que le tissu de mon pantalon de toile était détruit à l'endroit que j'avais appuyé sur le sol.

Les fumées chaudes et acides ne sortaient pas par tous les points du cratère. Dans les parties qui étaient un peu éloignées des points de sortie des vapeurs, la neige tombée quelques jours auparavant s'était conservée en plaques épaisses, et contrastait par sa blancheur autant que par sa nature avec le reste du tableau. Mes guides allèrent chercher de cette neige pour rafraîchir le vin qu'ils portaient au soleil depuis quelques heures; et firent sur un bloc de lave les apprêts d'un dîner frugal, que ne troublèrent ni la pensée du géant Encelade, prêt, comme on dit en Sicile, à tressaillir sous nos pieds, ni le souvenir du philosophe Empédocle, notre devancier dans cette enceinte.

Cette sécurité n'avait rien de téméraire, car, quelque frêle que pût être l'échafaudage qui nous soutenait alors verticalement au-dessus de la cheminée de l'Etna, il s'était conservé dans le même état depuis dix-huit mois. En effet, la dernière main avait été donnée à la forme du cratère, tel qu'il se présentait alors à nous, par une petite éruption arrivée au mois de mars 1833, dans

laquelle la lave, après avoir rempli le fond du cratère, se déversa et s'écoula par-dessus la partie la plus basse de ses bords, qui est celle qui regarde le N.-N.-O. Nous n'eûmes qu'à grimper sur une petite pente formée de blocs de laves éboulés les uns sur les autres pour nous trouver sur cette lave, et ce fut sur sa surface que nous atteignîmes le bord du cratère.

Cette surface présentait à l'observation plusieurs circonstances remarquables. Dans toute la partie située en dedans de la crête du cratère, elle était couverte de blocs scoriacés, entassés confusément, et elle s'inclinait vers le centre du cratère, dans lequel elle paraissait s'être affaissée ; mais à peine avait elle dépassé la crête qu'elle s'inclinait vers l'extérieur en suivant la pente du cône. Dans cette partie-elle était dégagée de sa couverture de blocs et de scories; elle se présentait à nu, elle offrait de profondes cannelures parallèles entre elles, dirigées dans le sens du mouvement qui l'avait déversée à l'extérieur, et qui étaient croisées par de nombreuses gerçures transversales. Elle rappelait en grand l'aspect d'une loupe de fer qu'on a commencé à dégrossir en la faisant passer entre des cylindres cannelés. On voyait clairement qu'étant déjà en partie refroidie, et dans un état pâteux, elle avait été entraînée par-dessus la crête du cratère, et qu'en se rabattant sur la pente ex-

térieure du cône elle s'était étirée par l'effet de son poids, et gercée transversalement par l'effet de la courbure qu'elle avait eu à subir. Mais elle ne conservait cette forme que sur une petite étendue. Un peu au-dessous de la crête elle se réduisait en blocs détachés, confusément entassés les uns sur les autres. La pente du cône était en ce point de 26°.

Avant de commencer à redescendre, j'essayai de promener mes regards sur la grande chaîne septentrionale de la Sicile, qui se déployait à mes pieds; mais, quoique le soleil fût déjà près de l'horizon, l'air n'avait pas repris assez de transparence pour que je pusse en distinguer la configuration. Je ne pus donc vérifier les intéressantes observations que, quatre ans auparavant, M. le docteur Cristie avait faites sur elle de la cime de l'Etna. Je fus obligé de me borner à considérer, vers le bord du massif de l'Etna, la ville de Randazzo, l'emplacement du lac Gurrida, Bronte, et la coulée de lave encore fumante qui, au mois de novembre 1832, menaça d'engloutir cette dernière ville. Mes guides me montrèrent, sur le bord du Piano del Lago, à l'O. 14° N., le point d'où cette lave avait commencé à couler. Un second point d'où elle coula ensuite avec plus d'abondance était situé plus bas dans la même direction, mais il m'était dérobé par le bord du

Piano del Lago, qui se projetait sur les talus latéraux au-delà du pied de la gibbosité centrale. Je descendis ensuite obliquement pour gagner le pied oriental du cône supérieur. Je traversai, chemin faisant, des arêtes de ce cône, dont la pente était de 32°; elles étaient couvertes de cendres, de lapilli et de blocs détachés. Quelques-uns de ces blocs roulèrent sous mes pieds, et chacun d'eux, dans sa chute, en mit en mouvement plusieurs autres, dont le nombre s'accrut progressivement de manière à produire un véritable éboulement. Ce fait montrait assez clairement que la pente de 32°, que je venais de mesurer, touchait à la limite de celles qui sont susceptibles de se maintenir dans de pareilles conditions.

Le Piano del Lago, que j'atteignis au pied O. S. O. du cône, présente de ce côté, comme dans presque toute son étendue, une surface légèrement ondulée, couverte de cendres et de lapilli. Près du pied oriental du cône j'observai le point de sortie d'une lave qui, en 1754, a coulé sur le Piano del Lago, et est venue se bifurquer, ainsi que je l'ai dit plus haut, près de l'emplacement où s'élève aujourd'hui la Casa Inglese. Quoiqu'elle n'ait pas rencontré dans cette partie de son cours des pentes de plus de 6°, sa surface a pris l'empreinte du plus violent tiraillement; elle est hérissée de cannelures longitudinales et de rides transversales.

Sur la surface du Piano del Lago, les voyageurs trouvent deux abris. L'un, très petit, nommé la *Gratissima*, a été bâti en 1804, par M. Mario Gemellaro, de Nicolosi, à qui la météorologie, la géologie et la botanique de l'Etna doivent un si grand nombre d'excellentes observations. L'autre abri est une véritable maison bâtie en 1811, sous la direction du même savant, des produits d'une souscription ouverte dans l'armée anglaise, qui occupait alors la Sicile, par lord Forbes, qui en avait le commandement. On a choisi pour l'établir la sommité d'une petite protubérance couverte de lapilli, sur laquelle est venue se bifurquer la lave de 1754, dont le bord la protége du côté du volcan.

Le cône supérieur actuel n'est que le résultat des éruptions du siècle qui vient de s'écouler, car, au commencement du 18e siècle, le cône qui existait auparavant s'était éboulé, et le cratère, ainsi que je l'ai déjà dit, s'ouvrait sans aucun parapet au milieu du Piano del Lago. C'est depuis lors qu'il s'est réédifié pour s'écrouler probablement un jour, peut-être même à une époque peu éloignée de celle où j'écris. Les éboulements l'ont déjà diminué, notamment celui qui, au mois de novembre 1832, a produit le second cratère à la place qu'occupait auparavant la pointe la plus élevée du *bicorne*.

Le cône supérieur, en même temps qu'il s'écroule par lambeaux, s'élève graduellement, quoique dans une proportion à la vérité très-lente, par l'effet des pluies de cendres, de lapilli et de blocs de scories ou de laves compactes, qui lancées par le cratère retombent en abondance sur ses flancs. Chaque éruption du grand cratère en ajoute une nouvelle couche, et le cône supérieur paraît formé tout entier par l'accumulation de matériaux de cette espèce entassés en couches successives qui se dessinent par des lignes horizontales, très-nettement marquées sur toutes les parties escarpées de la circonférence intérieure.

Il paraîtrait naturel de penser que ces couches plongent de toutes parts vers l'extérieur avec une pente égale à celle des arêtes du cône. J'en serais moi-même demeuré persuadé, si un examen attentif des parois presque verticales du petit cratère, formé en 1832, ne m'avait convaincu du contraire. L'éboulement qui a produit ce petit cratère a déterminé un effet comparable à celui qu'on obtiendrait avec un emporte-pièce de 80 à 100 mètres de diamètre, qu'on appliquerait sur la crête du grand cratère, et qu'on y enfoncerait verticalement. Si les assises dont le cône supérieur se compose étaient constamment inclinées, elles se dessineraient par des lignes obliques sur les parois du vide ainsi obtenu. Or, elles s'y des-

sinent, au contraire, par des lignes à peu près horizontales.

Le grand cratère a aujourd'hui, comme il a eu dans tous les temps, la forme d'un vaste entonnoir, en partie cylindrique, en partie conique. Le diamètre de son ouverture résulte de plusieurs éléments; il dépend d'abord de la solidité du cône supérieur, qui peut lui permettre de présenter du côté du cratère des parties verticales plus ou moins étendues; il dépend aussi de la hauteur à laquelle le jeu des éruptions place dans la cheminée volcanique le point où commence l'entonnoir. Si la pointe de l'entonnoir est placée très-haut, le cratère sera très-étroit, il ne tronquera le cône d'éruption que près de son sommet. Si, au contraire, la pointe de l'entonnoir descend très-bas, le cratère sera très-large, il pourra engloutir le cône supérieur tout entier; on conçoit même qu'il pourrait acquérir un diamètre plus grand que celui de la base du cône supérieur, et empiéter en dehors de sa base sur le Piano del Lago. Il ne paraît pas cependant que ce dernier cas se soit jamais réalisé, car, s'il en avait jamais été ainsi, on ne concevrait pas comment le Piano del Lago aurait repris sa surface plane jusqu'au pied du cône actuel.

Il résulte de là que le diamètre de la base du cône actuel est en même temps le plus grand dia-

mètre que le cratère de l'Etna puisse jamais avoir présenté, et que la plus grande hauteur que le cône supérieur de l'Etna, dans ses phases successives, ait jamais pu acquérir, serait celle qu'il acquerrait aujourd'hui si on le complétait jusqu'à son sommet.

Ces nombres-limites peuvent présenter quelque intérêt. Il est facile de les déduire du diamètre actuel du cratère, de la hauteur de ses bords au-dessus du Piano del Lago et de l'inclinaison de ses arêtes, inclinaison qui, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, atteint à peu près aujourd'hui le maximum dont elle est susceptible. La moyenne de quatre mesures angulaires prises de distances à peu près connues, de Lentini, des Monti-Rossi, des environs de Zaffarana et du pont d'Alcantara, m'a donné pour le diamètre du grand cratère de l'Etna 346 mètres, nombre que je crois à la vérité un peu trop petit, parce qu'il se rapporte à la largeur de l'espace d'où s'élevait la fumée, espace un peu moindre que la circonférence supérieure du grand cratère. Mais dans tous les cas le diamètre moyen de la circonférence du grand cratère n'atteint certainement pas 500 mètres. La hauteur du point le plus élevé du bord du cratère au-dessus de la base du cône a été trouvée par MM. Smyth et Herschel de 339 mètres; mais ce nombre se rapportait à une dentelure culminante

qui n'existe même plus aujourd'hui, et la hauteur moyenne des bords du cratère au-dessus de la base du cône ne peut être évaluée pour notre calcul à plus de 320 mèt. En supposant aux arêtes du cône une inclinaison moyenne de 32° avec l'horizon, ce qui doit être très-près de la vérité, et en supposant que le diamètre moyen de la circonférence du grand cratère soit de 500 mètres, le diamètre de la base du cône doit être de 1524 mèt. et sa circonférence de 4.788 mètres. Telles sont à peu près, comme je l'ai déjà dit, les plus grandes dimensions que le cratère de l'Etna puisse jamais avoir eues. Les nombres beaucoup plus considérables qui sont indiqués dans différents ouvrages ne peuvent être que le résultat d'illusions qui sont très-fréquentes en pareille matière.

Il est aisé de calculer, d'après les données ci-dessus, que, si le cône actuel était complet, s'il se terminait complétement en pointe au lieu d'être tronqué par un cratère, il s'élèverait à 475 mètres au-dessus de sa base. Il est difficile qu'il ait jamais atteint cette hauteur, toute faible qu'elle est.

Le 20 septembre, après avoir terminé mes observations sur le cône supérieur, sur les deux cratères et sur les alentours de la *Casa Inglese*, je m'avançai de nouveau vers le bord oriental du Piano del Lago, afin de chercher un passage com-

mode pour descendre dans le fond du Val del Bove.

Je visitai d'abord à l'extrémité septentrionale du Serre del Solfizio, un petit cratère d'éruption qui s'est formé précisément au bord du Piano del Lago; mes guides le nommaient *boccone de Lunegi.* Il est figuré sur les *Pl.* 4 et 5. Une des bouches de l'éruption de 1819 s'est ouverte au bord S.-E. de sa base, dans le penchant du Serre del Solfizio. Il remonte lui-même à une éruption plus ancienne. Son contour incomplet est ouvert du côté du Piano del Lago, et son fond est un peu au-dessous du niveau de la partie adjacente de ce terre-plein. Par une rencontre assez bizarre, un rameau d'un courant de lave descendu du pied du cône supérieur y est entré et en a rempli le fond. Le contour de ce petit cratère est très-régulier, mais il n'appartient pas à une seule circonférence de cercle. L'éruption qui l'a produit paraît avoir eu deux centres peu éloignés l'un de l'autre, et situés sur une ligne qui passerait par le grand cratère; une section faite à une hauteur quelconque est formée de deux portions de circonférences qui se coupent, et dont les centres répondent respectivement aux deux centres d'éruption. Si ces centres eussent été un peu plus éloignés, il se serait produit deux cratères distincts. De plusieurs points des parois de ce petit cratère, s'élèvent aujourd'hui des vapeurs blan-

châtres, formées principalement de vapeur d'eau. J'ignore si l'origine de ces jets de vapeur remonte à l'éruption de 1819, qui s'est faite en partie à une petite distance de ce point, ou seulement à l'ébranlement général produit par l'éruption de 1832. Cette dernière supposition me paraît la plus probable.

De la partie septentrionale de la crête de ce petit cratère, je voyais devant moi les escarpements du flanc septentrional du val del Bove, se relevant jusqu'à la cime appelée Schiena dell' Asino, et je n'étais séparé de leur pied que par une longue pente presque uniforme, qui se rattache vers la gauche, au fond du valle del Leone, figuré sur les *Planches* 4 et 5, entre le Serre del Solfizio et la Schiena dell' Asino. Je retournai à quelques centaines de mètres vers le le N.-O., pour atteindre un point où elle était un peu plus douce, et je descendis sur ce penchant jusqu'au fond du val del Bove, que j'atteignis tout près du petit cône d'éruption qui s'y est élevé en 1811. Cette pente est formée dans toute son étendue de cendres et de lapilli, dans lesquels le pied s'enfonce légèrement, de manière que, quoique son inclinaison dépasse quelquefois 24°, la descente n'a rien de pénible.

Ce ne fut qu'en arrivant au bas que je perdis entièrement de vue le rivage de la mer. Jusque

vers les $\frac{2}{3}$ de la descente je continuai à apercevoir Catane par-dessus la crête du monte Zoccolaro, qui forme le flanc méridional du Val del Bove; et, avant de perdre Catane de vue, je remarquai que je me trouvais presque exactement dans le prolongement d'une longue portion rectiligne de la grande route, qui de Saint-Giovani la Punta descend à Catane. Le prolongement de cette portion de grande route doit passer à peu près au pied du penchant sur lequel je descendais.

En descendant sur ce penchant, j'eus à traverser successivement plusieurs rameaux de ces mêmes coulées parties du pied du cône supérieur, dont un autre rameau est entré, comme je l'ai dit ci-dessus, dans le cratère du *Boccone de Lunegi*. Deux de ces rameaux de coulée qui ont atteint le penchant l'ont parcouru jusqu'au bas, et se sont ensuite répandus sur le fond du val del Bove. Ils se dessinent, sur le penchant couvert de cendres et de lapilli dont la teinte générale est d'un gris plus ou moins foncé, sous la forme de bandes noires, dont l'ensemble est représenté sur la *Pl.* 4. Chacun de ces rameaux n'a qu'une largeur peu considérable, qui est généralement de moins de 50 mètres. Chacun d'eux est terminé latéralement, à droite et à gauche, par une digue étroite, formée de scories accumulées, dont la pente extérieure est rapide, c'est-à dire d'environ

30°. Leur hauteur au-dessus du sol peut avoir 7 à 8 mètres. L'intervalle entre ces deux digues latérales est aussi couvert de scories entassées, mais qui ne s'élèvent pas jusqu'au niveau de la crête des digues latérales. Tout annonce que la lave en coulant a entassé des scories de part et d'autre jusqu'à la hauteur maximum à laquelle elle s'est élevée, mais qu'ensuite, à mesure qu'elle s'est écoulée, son niveau s'est abaissé, et qu'elle a fini par ne laisser entre les deux digues latérales que l'assise de scories dont elle s'était recouverte. Dans la partie où j'ai traversé ces différents rameaux de coulée, leur pente était d'environ 24°. Les scories dont ils se composaient étaient entièrement détachées les unes des autres, et elles étaient remarquables par la petitesse de leur volume, qui ne dépassait pas généralement la grosseur du poing et atteignait rarement celle de la tête. Je n'aperçus absolument rien qui pût permettre de soupçonner l'existence d'une masse cohérente continue : la coulée entière se réduisait évidemment à une épaisse traînée de scories. En cela, son allure différait totalement de celle des parties des mêmes coulées qui se sont étendues, sur le Piano del Lago, sur des pentes de 4 à 6°, et dont la surface est couverte de fragments de lave coriacée, diversement redressés et entassés les uns sur les autres, qui ont souvent plus

d'un mètre de longueur. Cela tient évidemment à ce que sur la pente douce du Piano del Lago, la lave n'avait qu'un mouvement modéré qui permettait à sa surface de se consolider en forme d'écorce solide, que le mouvement brisait plus tard, et dont il redressait les lambeaux; tandis qu'arrivée sur une pente de 24°, la même lave ruisselant rapidement et brisant par son mouvement toutes les parties qui se consolidaient, au fur et à mesure de leur consolidation, n'a laissé sur sa route qu'un amas de fragments peu volumineux. Aussi peut-on traverser sans la moindre peine ces rameaux de coulées très-inclinés, tandis qu'en traversant les coulées répandues sur le Piano del Lago, il faut prendre des précautions continuelles pour ne pas se blesser en tombant dans les interstices des gros blocs dont elles sont en grande partie composées. Toutes les coulées que j'ai observées sur les flancs de l'Etna et du Vésuve m'ont conduit à des remarques du même genre, que je développerai dans la suite du mémoire.

Vers le milieu de la descente, j'eus à traverser un talus moins rapide, dans lequel j'observai une crevasse large de plusieurs mètres, et qui était demeurée ouverte sur une longueur de 20 à 30 mèt.; elle coupait plusieurs assises alternatives de laves solides et de scories, que je décrirai plus loin.

Le talus dont je viens de parler est complé-

tement dépourvu de végétation dans presque toute son étendue; seulement, vers le bas, quelques touffes d'herbes sont éparses au milieu des lapilli mouvants; un troupeau de moutons était occupé à les brouter, et faisait rouler de temps à autres de petites pierres qui passaient à côté de nous comme des balles; c'est le seul danger que j'ai rencontré sur l'Etna.

Pendant toute la durée de la descente, mes regards plongèrent sur le petit cône d'éruption qui s'est formé dans l'éruption de 1811, au pied de l'escarpement septentrional du val del Bove. Il est composé de scories en partie noires, en partie d'un rouge de brique foncé. A la cime est un cratère circulaire qui me rappelait le nid de la poule au pied du Puy-de-Dôme. Ses arêtes, parfaitement régulières, sont inclinées de 30 à 35°; elles sont toutes à peu près complètes; seulement la lave, en sortant vers l'est pour tourner immédiatement au sud, a fait écrouler et a entraîné une portion de la pente orientale, et y a déterminé une légère échancrure.

J'atteignis le fond du val del Bove au pied du cône de 1811, et je gagnai de suite le pied des escarpements qui le dominent au nord, pour étudier les assises alternatives de laves anciennes et de conglomérats dont les escarpements se composent, ainsi que les filon des laves anciennes qui

les traversent, et qui se projettent quelquefois en avant des escarpements, comme des pans de murs en ruines. M. Lyell en a donné une très-bonne figure dans une des vignettes de ses *principles of geology*, t. III, p. 444, 4e édition. Je parcourus ensuite le vaste cirque du val del Bove pendant le reste de la journée, et j'en sortis à la nuit par le défilé nommé *Porta de Callana*, qui me conduisit à Zaffarana.

Le récit de mes autres courses sur le massif de l'Etna alongerait inutilement ce mémoire.

Je n'ai présenté celui qu'on vient de lire que pour rendre plus claire l'exposition de quelques-unes des observations dont se composera la suite de mon travail.

CHAPITRE III.

PARTAGE DU MASSIF DE L'ETNA EN SIX FORMATIONS, DESCRIPTION DE LA FORMATION CONTEMPORAINE DES TEMPS HISTORIQUES, REMARQUES SUR LE MODE D'ACTION DES ÉRUPTIONS QUI CONTINUENT A ACCROÎTRE LA MASSE DES PRODUITS MODERNES.

Les minéralogistes se sont souvent plaints de la monotonie de l'Etna. Il est en effet certain que les produits volcaniques de différents âges qui entrent dans la composition de sa masse, sont presque tous formés à peu près des mêmes éléments, et ne fournissent aux collecteurs d'échantillons que des variétés assez peu tranchées; mais aux yeux d'un géologue l'Etna est une montagne très-composée.

Les divers groupes de roches dont la réunion constitue le massif de l'Etna, se divisent naturellement en plusieurs formations qui, comme la plupart de celles de la série géologique, présentent souvent une grande ressemblance de composition, et ne se distinguen nettementt que par la différence de leur gisement.

Ces formations sont au moins au nombre de six :

A la première se rapportent les roches dites primitives, qui, à la vérité, ne se montrent nulle

part au jour dans le massif de l'Etna, mais dont l'existence dans la profondeur semble être attestée par les fragments de roches granitoïdes que rejettent fréquemment les bouches volcaniques.

La deuxième formation, indiquée sur la planche 1re et sur le modèle en relief par la couleur jaune, se compose des roches calcaires et arénacées, qui constituent principalement les montagnes dont l'Etna est séparé par les rivières Simeto et Onobola, et sur lesquelles ces rivières coulent le plus souvent. Ces roches traversent même les deux rivières que je viens de nommer, et elles se montrent en plusieurs points dans l'intérieur du circuit qu'elles déterminent. Aux environs d'Aderno elles forment le support des produits volcaniques, et elles se relèvent plus encore près de Bronte et de Maretto d'une part, et près de Franca-Villa et de Linguagrossa de l'autre, pour former des collines considérables qui tournent leurs escarpements du côté du centre du massif, et dont les produits volcaniques n'ont fait qu'entourer les bases sans pouvoir encore les recouvrir. Les couches sédimentaires qui pénètrent ainsi dans le circuit déterminé par les rivières Simeto et Onobola, me paraissent se rapporter au terrain crétacé inférieur (Wealden formation et Green-Sand).

La troisième formation indiquée sur la planche 1re et sur le modèle en relief par la couleur

bleue, se compose des roches basaltoïdes, qui constituent les îles Cyclopes, la colline de la Motta di Catania, et les escarpements colonnaires de Paterno, de Licadia, d'Aderno, etc.

La quatrième formation, indiquée sur la carte et sur le modèle en relief par la couleur verte, comprend le dépôt de cailloux roulés qui forme une ligne de collines à la jonction de la plaine de Catane et des premières pentes de l'Etna. Les assises de ce dépôt se relèvent vers l'Etna, sous un angle de 4 à 5 degrés, et lui présentent leur escarpement. Elles me paraissent se rapporter à l'une des époques tertiaires les plus récentes.

La cinquième formation, indiquée sur la carte et sur le modèle en relief par la couleur grise, comprend les laves anciennes dont sont formés les escarpements qui circonscrivent le Val-del-Bove.

Enfin, *la sixième formation*, indiquée sur la carte et sur le modèle en relief par la couleur brune, et en quelques points par la couleur d'ocre rouge, se compose des déjections modernes dont la masse s'accroît encore sous nos yeux.

Parmi ces six formations, les deux dernières sont celles dont il serait le plus facile de confondre minéralogiquement les éléments. Mais si au lieu de les considérer minéralogiquement on les considère géologiquement, c'est-à-dire sous le

rapport de la disposition générale de leurs masses, on voit presque du premier coup d'œil, qu'elles forment deux systèmes indépendants l'un de l'autre. En effet, les produits modernes n'ont recouvert qu'en partie les laves anciennes, ils en ont laissé à découvert des étendues considérables, ils se sont étendus au pied des escarpements composés de ces dernières, ils ont comblé des vallées ouvertes au milieu des massifs qu'elles constituent. On voit là aisément deux ensembles aussi distincts l'un de l'autre, que le sont en aucun point de la série géologique deux formations superposées, composées de matériaux analogues. Suivant l'heureuse expression que M. d'Omalius d'Halloy n'avait appliquée qu'aux relations de deux formations de sédiment superposées à stratification contrastante, les masses de laves anciennes se présentent ici au milieu des produits modernes, *comme les sommités d'un ancien monde enseveli sous un monde plus nouveau.*

L'une des questions les plus intéressantes que présente aujourd'hui l'étude de l'Etna, consiste peut-être à bien tracer la ligne de démarcation qui existe entre cet ancien monde et le monde plus nouveau qui le recouvre en partie, et à remonter aux causes qui ont fait naître entre eux cette ligne de démarcation. Pour parvenir à résoudre ce problème, il est avant tout nécessaire

de se rendre un compte exact de la composition, de la structure et de la disposition des produits des éruptions modernes. Tel est l'objet que je vais essayer de remplir dans ce chapitre.

DESCRIPTION DES PRODUITS DES ÉRUPTIONS DE L'ETNA.

Les produits des éruptions de l'Etna ressemblent extérieurement à ceux d'un grand nombre d'autres volcans, mais ils présentent une composition particulière que M. Fournet a signalée depuis plusieurs années dans ceux du Puy-de-Louchadière et de quelques autres puys de l'Auvergne, et qui se retrouve également dans les produits de Stromboli.

M. Gustave Rose, dans un mémoire sur la composition des roches appelées *grunstein* (voyez *Annales des mines*, 3e série, t. VIII, p. 3), a publié pour la première fois le fait que les laves de l'Etna ne renferment pas le feldspath ordinaire ou *orthose*, mais le *feldspath labrador*. Elles sont composées de *labrador*, de *pyroxène* et de quelques grains de *péridot* et de *fer titané*.

La détermination de M. Rose n'était pas connue lors de notre voyage, mais la vraie composition des laves de l'Etna ne put échapper longtemps aux yeux exercés de M. de Buch qui me la fit remarquer presque dès le premier moment où nous

mîmes le pied sur le massif volcanique. La suite de mes excursions a présenté une confirmation continuelle de cette première remarque.

C'est d'après leurs formes et leurs clivages que les cristaux blancs, disséminés dans les laves de l'Etna, ont été rapportés par M. Rose et par M. de Buch au labrador.

Plusieurs essais que j'ai faits dans le laboratoire de l'école des mines ont confirmé ce résultat, en montrant que les laves de l'Etna sont attaquées à la longue d'une manière très-sensible par l'acide sulfurique concentré, qui leur enlève un peu de chaux.

Désirant savoir jusqu'à quel point une analyse rigoureuse confirmerait ce premier aperçu, j'ai prié M. Auguste Laurent d'appliquer aux laves de l'Etna, les procédés ingénieux qu'il a imaginés pour décomposer les silicates alcalins.

Voici le résultat de M. Laurent, tel qu'il est consigné dans les Annales de chimie et de physique, t. LX, p. 332. (C'est par erreur que la lave en question y est indiquée comme provenant du Vésuve; l'échantillon remis à M. Laurent provenait de l'Etna. Il a été pris dans une *cheire* parfaitement conservée, coupée par la tranchée de la grande route, près de San-Leonardo, entre Giarre et Aci-Reale.)

« Ces cristaux sont si friables et tellement en-

» gagés dans la lave, qu'il est impossible de les
» détacher sans entraîner de cette dernière; aussi
» l'analyse que nous en donnons, ne doit être
» regardée que comme une approximation, mais
» suffisante pour vérifier la prévision de M. Elie
» de Beaumont. Ils renferment :

			Oxygène.	Rapport.
Silice.	47,9	—	25,00	18
Alumine.	34,0	—	15,90	12
Peroxide de fer.	2.4	—	0,72	
Soude.	5,1	—	1,30	1
Potasse	0,9	—	0,15	
Chaux.	9,5	—	2,66	2
Magnésie	0,2	—	0,01	

» ce qui conduit à la formule :

$$12\,Si\,Al + 2\,Si^3\,Ca + Si^3\,Na.$$

» M. Berzélius a admis pour la formule du la-
» bradorite :

$$12\,Si\,Al + 3\,Si^3\,Ca + Si^3\,Na.$$

» Si on remarque que les analyses du labrado-
» rite sont très-anciennes, et que la nôtre a été
» faite sur un échantillon impur, on verra que si
» les analyses ne suffisent pas pour donner une
» formule exacte de ces deux substances, elles peu-
» vent cependant les rapprocher. »

Un observateur, qui parcourt les flancs de l'Etna et qui promène un œil attentif sur le sol qu'il foule aux pieds, le trouve presque partout com-

posé d'une substance à cassure mate, grise-noire, ou d'un rouge d'ocre à l'extérieur et à l'intérieur, parsemée de cristaux nombreux de feldspath labrador, de cristaux de pyroxène et de grains de péridot, et présentant presque toujours un grand nombre de cellules à contours arrondis, et souvent aplaties ou allongées dans un même sens. Ces matières portent le nom de scories; tout le monde connaît leur origine. Elles sont denses ou légères, suivant la rareté ou l'abondance des cellules. Ces scories se présentent en grains, en fragments, en lopins, en blocs de toutes grosseurs, de formes très-diverses, et très-diversement entassés.

Quelquefois de grandes étendues sont couvertes de fragments de scories assez légères, dont la grosseur moyenne est à peu près celle d'une noix, et qui forment à la surface du sol une couche plus ou moins régulière d'une épaisseur variable. On les appelle *lapilli*.

La grosseur de ces lapilli se réduit quelquefois au volume d'un grain de sable ou de cendre; on les nomme alors cendres volcaniques. Les cristaux de pyroxène et de labrador, qui sont ordinairement renfermés dans les scories, sont alors disséminés dans la masse sablonneuse. Ces cendres et ces lapilli sont en général le résultat des éruptions pulvérulentes qui les rejettent à de grandes hauteurs, d'où ils retombent sous forme de pluie sur

une partie plus ou moins étendue du massif volcanique, et souvent bien au delà de ses limites.

Quelquefois les cendres, les lapilli ou même des scories en pièces plus considérables, au lieu d'être étendus sur la surface d'un sol irrégulier, sont entassés en forme de cône tronqué, très-régulier, très-distinct de la base sur laquelle il s'élève, ayant ses arêtes inclinées de 18 à 36° : ce sont les cônes parasites produits par les éruptions latérales du volcan.

D'autres fois des scories en fragments détachés les uns des autres, d'une grosseur variable, mais qui ne dépasse que rarement celle de la tête, forment, sur des pentes inclinées d'une quantité très-sensible de 15 à 32° par exemple, une couche assez uniforme, ayant souvent plus d'un mètre de puissance, et bordée de part et d'autre par un rebord plus élevé, semblable à une espèce de digue qui se termine extérieurement par un talus assez rapide. Ce sont les traces du passage de laves qui se sont écoulées rapidement.

Enfin, dans d'autres cas plus fréquents encore, des scories d'un grain très-variable, les unes très-légères, les autres très-denses et presque compactes, en blocs de toute grosseur, depuis celle d'un grain de sable jusqu'à plusieurs mètres de côté, tantôt indépendants les uns des autres, tantôt aggrégés en lopins irréguliers, tantôt anguleux,

tantôt grossièrement arrondis, se trouvent confusément entassés sur de vastes surfaces légèrement inclinées. Ces surfaces, qui dans leurs détails présentent un désordre presque effrayant, mais qui, dans leur ensemble, présentent des pentes assez régulières, portent le nom de *cheires*, en sicilien, *schiarra*. Ce sont les surfaces des coulées de laves qui se sont répandues sur des pentes médiocres, c'est-à-dire de 1 à 8 ou 10° environ.

Lorsqu'on surmonte les obstacles que le désordre d'une *cheire* oppose aux pas de l'observateur, on trouve que sa surface ne se compose que de fragments irrégulièrement entassés et soulevés les uns sur les autres, dont quelques-uns sont en équilibre et faciles à mettre en mouvement, dont quelques autres sont placés en appui et en arc-boutant les uns contre les autres, dont quelques uns même des plus grands, sont redressés verticalement, et comme plantés au milieu des autres à l'instar des pierres druidiques.

Si on scrute d'un œil attentif les intervalles de ces blocs, en commençant par les points où leur accumulation est la moins épaisse, on voit bientôt qu'ils ne sont tous que des fragments détachés d'une masse continue, scoriacée elle-même à sa surface, le plus souvent tiraillée et tourmentée, dans laquelle on ne tarde pas à reconnaître la masse solidifiée de la lave elle-même. La surface

de cette lave est presque toujours extrêmement irrégulière; quelquefois elle est hérissée d'appendices encore plus scoriacés que la masse, d'une forme bizarre et presque fantastique, qui se perdent et se confondent au milieu des scories détachées; d'autres fois elle présente des cannelures tantôt rectiligues, allongées dans le sens de la pente, comme si la masse s'était étirée avant de se solidifier, tantôt courbes et tournant la convexité de leur courbure vers le bas de la pente, comme si la masse s'était au contraire froncée en se solidifiant. Rarement la surface de cette masse solide offre, même en grand, quelque uniformité, presque toujours elle présente des ondulations multipliées; presque toujours aussi, elle est partagée par des fentes irrégulières, de part et d'autre desquelles elle se trouve à un niveau différent, comme si, avant de se réduire à une inertie complète, elle avait été travaillée par de violents efforts et s'était irrégulièrement affaissée. Quelquefois la masse entière de cette partie solide se trouve retroussée et vient présenter sa tranche sur la surface de la *cheire*. On voit alors qu'elle a une épaisseur d'un demi-mètre à plusieurs mètres, une texture variable, grossièrement cristalline, généralement moins scoriacée dans le milieu de son épaisseur que vers ses deux surfaces, et que la surface inférieure est à-peu-près

aussi scoriacée et aussi tourmentée que la surface supérieure, quoique sur une échelle moins grande.

Mais si on n'étudiait la partie solide des *cheires* que dans ces redressements partiels, on n'en acquerrait qu'une idée imcomplète. Il existe heureusement des sections naturelles et artificielles qui les mettent à nu sur toute leur épaisseur, dans toutes sortes de positions. Les routes qu'on a tracées récemment sur la base de l'Etna, ont beaucoup augmenté le nombre des sections artificielles. On voit dans toutes ces sections, que la partie solide d'une *cheire* n'a généralement qu'un très-petit nombre de mètres d'épaisseur, qu'elle est rarement uniforme sur une certaine longueur, qu'elle est plus rarement encore rectiligne; d'où il résulte que la tranchée d'une route l'entame tantôt en entier, tantôt en partie, tantôt la laisse tout-à-fait au-dessous d'elle, et cela, à plusieurs reprises, dans de très-courts intervalles. Le grain varie plus ou moins d'un point à l'autre, ainsi que le nombre et la grosseur des cristaux de labrador et de pyroxène. La quantité des cellules varie aussi beaucoup, et généralement elle est plus grande près des deux surfaces. La partie solide de la coulée repose presque toujours sur des scories détachées, analogues à celles qui la recouvrent, mais présentant rarement des blocs aussi considé-

rables. Ces scories inférieures sont souvent accumulées en amas très-épais autour desquels la partie solide se contourne en forme de voûte. Les sections naturelles ou artificielles coupent fréquemment ces voûtes; les scories qui les remplissaient étant enlevées naturellement ou artificiellement, il en résulte des grottes quelquefois assez vastes. J'en ai observé une entre Aderno et Bronte qui avait 6 mètres de hauteur et 10 mètres de largeur, et qui était dégagée sur 13 mètres de profondeur; on en avait fait un pressoir. La nappe de lave qui en forme la voûte a une épaisseur d'environ un mètre et demi.

Les parties solides des coulées sont fréquemment brisées par des fentes qui les divisent en parties discontinues. Ces fentes, en devenant plus nombreuses, les partagent quelquefois en polyèdres irréguliers, ou même en gros prismes verticaux très-irréguliers. Entre le Giarre et Aciréale, j'ai remarqué une division en prismes grossiers verticaux de $0^m,70$ à $0^m,90$ de diamètre, dans une lave à section horizontale, ondulée et tourmentée, de 3 à 4 mètres de puissance. J'ai remarqué d'autres traces moins nettes de divisions prismatiques, dans quelques autres des sections artificielles exécutées récemment pour l'établissement des grandes routes.

La structure tourmentée, dont j'ai parlé, s'ob-

serve, sans exception, dans les cheires qui couvrent des pentes sensibles à l'œil. Mais lorsqu'elles s'étendent sur des surfaces presque horizontales, cette forme tourmentée devient moins prononcée, et la section de la coulée présente même une disposition basaltoïde très-marquée.

La lave de 1603 s'est étendue dans la vallée du Simeto, entre Bronte et Aderno, et en a rempli tout le fond; elle s'y est accumulée sur une hauteur de plus de 12 mètres, et s'y est arrêtée. Le Simeto, en coulant ensuite sur sa surface, l'a entamée d'abord dans sa partie la plus avancée vers le bas de la vallée, et y a ouvert une échancrure qui s'agrandit progressivement en remontant, et au haut de laquelle il forme une cascade. Pendant longtemps le recreusement de la vallée a marché par la chute successive des gros prismes verticaux, dans lesquels la lave est divisée, et dont la cascade formée par le Simeto, déchaussait successivement la base. Mais tout récemment, afin de protéger une prise d'eau située au bas de la cascade, sur la rive droite, on a construit un mur qui empêche l'eau de suivre son ancienne rigole, et l'oblige de couler sur une partie de l'escarpement, qui forme une corniche saillante, et dont elle ne fait qu'user légèrement la surface supérieure. La pente de la vallée doit être ici d'environ 48 minutes.

Plus anciennement, un autre courant de lave était descendu dans la vallée du Simeto, un peu au-dessus d'Aderno, en avait rempli et nivelé le fond, et s'était étendu en large nappe horizontale dans l'élargissement que la vallée présente au confluent du Salso.

Depuis lors, le Simeto a recreusé sa vallée sur une largeur de 500 mètres, à travers la plate-forme très-unie que forme cette lave, et elle présente aujourd'hui, des deux côtés, des escarpements de 10 à 12 mètres de hauteur, dans lesquels elle se divise en gros prismes verticaux d'un aspect basaltoïde, mais cependant plus gros et moins réguliers que ceux de la plupart des colonnades basaltiques. La pente de la vallée doit être ici d'environ 44 minutes. Il est évident que la lave s'y est arrêtée faute de pente, et s'y est refroidie dans un état de repos presque complet.

Le Simeto a recreusé sa vallée au pied des escarpements de cette lave, plus profondément qu'elle ne l'était lorsque la lave a coulé, et il a mis à découvert au-dessous de la base des prismes une épaisse assise de gros cailloux roulés, dans laquelle on trouve des blocs d'une lave encore plus ancienne; il a même mis à découvert des couches fortement redressées, d'un grès quartzeux, à ciment de calcaire jaunâtre, que je crois devoir rapporter au terrain crétacé inférieur, et dont

les tranches supportent non-seulement les produits volcaniques modernes, mais aussi les roches basaltoïdes qui forment les beaux escarpements prismatiques et le plateau d'Aderno.

DISTRIBUTION DES PRODUITS DES ÉRUPTIONS MODERNES SUR LA SURFACE DU MASSIF DE L'ETNA.

On voit par ce qui vient d'être dit, que la lisière orientale de la base de l'Etna a éprouvé des changements notables par l'effet des éruptions modernes. Il en est de même des autres parties de la circonférence du massif volcanique.

Thucydide nous représente une armée carthaginoise arrêtée sur la côte près de Taormina, par une coulée de lave qui venait de descendre jusqu'à la mer et de former le promontoire de Schisso, l'an 396 avant J.-C.

En 1669, la coulée qui se fit jour près de Nicolosi coula jusqu'à la mer, et couvrit d'une assise qui a souvent plus de 20 mètres d'épaisseur, un grand nombre de villages et de terrains cultivés. Elle s'accumula sur une grande épaisseur derrière les murs de la ville de Catane, qui faillit être ensevelie, et, se détournant pour entrer dans la mer, elle donna naissance à un nouveau promontoire qui constitue aujourd'hui un des abris du port de Catane.

Les produits des éruptions modernes s'accumulent avec une rapidité remarquable sur ces parties du massif volcanique les plus éloignées du centre. Le pied des monuments grecs et romains qui subsistent encore dans la ville de Catane est enseveli sous les produits des éruptions modernes. Des coulées déjà anciennes ont comblé le port d'Ulysse, situé au nord de cette ville. D'autres sont venues s'étendre et s'accumuler aux environs de Giarre et d'Aci-Réale, sur la surface du terre-plein bombé qui forme la ceinture du massif volcanique, et elles en ont complétement changé la configuration.

Au contraire, et c'est peut-être un des faits les plus remarquables que l'Etna présente à l'observation, les parties centrales et les plus élevées du massif ne s'accroissent presque pas par l'accumulation des déjections; à la vérité, le cône supérieur s'écroule et se réédifie de temps à autre, mais le Piano-del-Lago au milieu duquel il s'élève, ne reçoit par l'effet des éruptions, que des surcharges extrêmement légères.

L'emplacement de la *Torre del Filosofo*, petit monument antique situé entre la Casa Inglese et le Serre-del-Solfizio, est encore le sommet d'une petite protubérance du Piano-del-Lago. Ce serait encore aujourd'hui un des points qu'il serait le plus naturel de choisir, si on voulait établir quelque

construction sur la surface de ce terre-plein. Cet endroit est cependant situé de la manière la plus favorable possible pour l'accumulation des déjections incohérentes; car non-seulement les cendres et les scories, mais même des blocs de plus d'un mètre cube, rejetés par le grand cratère, retombent beaucoup au-delà. Ainsi il paraît, d'après la seule disposition des lieux, que depuis la construction de ce monument, les déjections incohérentes et les courants de lave qui se sont répandus sur le Piano-del-Lago n'en ont pas changé la configuration d'une manière sensible.

Mais l'existence même de la *Torre del Filosofo* fournit une preuve encore plus irréfragable de l'excessive lenteur avec laquelle ces produits s'accumulent sur les parties élevées du massif volcanique.

Le nom de ce petit édifice vient de ce qu'on a cru pendant longtemps qu'il avait été habité par Empédocle, lorsque ce philosophe observait l'Etna. Plus tard on y a vu un temple de Vulcain. Aujourd'hui on paraît s'accorder à croire que ce n'était qu'un tombeau ou peut-être un belvédère construit pour l'agrément de l'empereur Adrien lorsqu'il monta sur l'Etna. Toujours paraît-il certain que cet édifice est d'origine antique.

Voici en quels termes le chanoine Recupero décrit cette construction d'après des observations faites à une époque où elle était moins dégradée

qu'elle ne l'est aujourd'hui : « ..... Sur ce plan (le » Piano-del-Lago), presque sur la ligne du monte » Frumento, sur une saillie assez considérable que » je crois être un volcan très-ancien, a été bâti un » édifice vulgairement appelé *Torre del Filosofo*. » Il y a deux siècles (ceci a été écrit avant 1769) » il était sur pied presque dans son entier, car » Filoteo et le père Fazello assurent que la voûte » du milieu se soutenait encore ; mais de nos jours » il est totalement démoli, il en reste à peine des » vestiges. Ces restes suffisent cependant pour » qu'on puisse en conclure quel était le plan du » monument Cette construction est de figure » circulaire et bien conditionnée quant à la qualité » de la chaux mélangée avec une certaine propor- » tion de sable et de pouzzolane de l'Etna, qui » avec le temps la rend très-solide. Les pierres et » la chaux forment tout le mur inférieur jusqu'à la » hauteur de deux palmes ($0^m,50$) au-dessus du » terrain, où furent posés deux rangs de briques » épaisses, larges de deux palmes ($0^m,50$), sur » lesquelles fut encastrée une tablette de marbre » haute d'un pouce, qui formait un petit cordon » sur la circonférence des briques. On observe en » outre beaucoup de fragments et d'écailles de » marbre renfermés dans le mur entre les pierres ; » ce qui indique bien clairement que les pièces de » marbre ont été travaillées sur le lieu même. On

» a de plus trouvé parmi les sables et les ciments
» quelques liens de plomb de figure pyramidale.
» J'en conserve un, ayant donné les deux autres à
» M. le chevalier Hamilton, lorsque nous montâ-
» mes ensemble sur l'Etna. Je regarde comme
» certain que ces plombs ont été portés là pour
» servir à quelqu'usage et particulièremant pour
» plomber quelque vase rompu par accident. Dans
» la construction même j'ai trouvé deux petites
» pièces de marbre percées comme si elles avaient
» été liées avec du plomb.

» Sur la bordure déjà décrite reposent une
» petite corniche et ensuite une palme et demie
» de maçonnerie rustique. Tout le reste de l'é-
» difice est déjà démoli, et on craint avec raison
» qu'il ne soit promptement détruit par les ha-
» bitants de la montagne, qui espèrent y trouver
» de l'or et de l'argent. Effectivement, en 1769,
» je l'ai trouvé entièrement rasé à fleur de terre.

« L'épaisseur de cette construction n'excède pas
» deux palmes ($0^m,50$). Le diamètre du vide inté-
» rieur est de quatre palmes et demie ($1^m,30$);
» de là j'ai inféré qu'elle ne peut avoir été destinée
» qu'à former un tombeau, un tel édifice étant
» inhabitable tant à cause de son étroitesse que de
» la rigueur du climat dans lequel il est placé.
» Loin de confirmer tant de conjectures alambi-
» quées qui se sont complétement écroulées, je

» soutiens qu'il est impossible que le célèbre » Empédocle y aît séjourné, et que par conséquent » c'est mal à propos qu'on l'a nommé *Torre del* » *Filosofo*. En parlant du temple de Vulcain, » nous avons fait voir qu'un pareil édifice ne pou- » vait pas non plus avoir été consacré, comme le » pensent quelques personnes, à une telle divi- » nité. » (*J. Recupero*, *Storia naturale e generale dell' Etna*, t. 1, p. 242.)

M. Agatino Recupero, dans les annotations qu'il a jointes en 1815 à l'ouvrage de son oncle en le publiant, ajoute ce qui suit (note 50 du t. 1er):

« La description que l'auteur fait de la *Torre del* » *Filosofo* ne s'accorde pas avec ce que j'ai observé » sur les lieux en 1807, époque à laquelle l'in- » génieux Gemellaro avait déjà fait fouiller autour » de la base de l'édifice pour la découvrir tout » entière. Ce soubassement qui aujourd'hui est à » découvert, ne se voyait pas du temps de l'auteur, » parce qu'alors il se trouvait recouvert de sable » et de scories. Ce soubassement est carré; la lon- » gueur de chacun de ses côtés, d'après la mesure » exacte de M. Gemellaro, est de 32 palmes » (8,m38), et sa hauteur est d'une palme (0,m25). » Sur cette base on voit une construction en bri- » ques qui rentre de tous côtés de deux palmes; » elle est composée de cinq rangs de briques, et a » plus de cinq palmes (1m,25) de hauteur et onze

» palmes ($2^m,75$) de largeur. Le nombre des
» briques qui existent encore s'élève à quarante-
» sept (1). Au-dessus de cette construction en
» briques se trouvent cinq palmes d'une maçon-
» nerie composée de chaux et de pierres de lave,
» informe, dégradée, et rentrante de toutes parts.
» Rien ne porte à conjecturer qu'elle ait présenté
» aucun vide, mais il paraîtrait qu'elle était revêtue
» de pierre et ornée de marbre, comme l'annon-
» cent quelques fragments qu'on en a retrouvés.
» La continuation de l'édifice décrit par l'auteur,
» et qu'il a trouvé démoli jusqu'au niveau du sol
» en 1769, doit être considérée comme ayant été
» un second ordre de figure circulaire, un peu
» plus étroit que la base carrée, et placé au-dessus.

» M. Gemellaro a trouvé deux ou trois plombs
» en tout semblables à ceux décrits par l'auteur,
» ainsi que quelques petites pièces de marbre sur
» lesquelles étaient sculptées des lettres bien con-
» servées, et un fragment de vase cinéraire. Toutes
» ces observations tendent à rendre plus que pro-

(1) Il y avait dans ce passage une confusion évidente dans l'application de deux des mesures citées. Cette confusion m'a paru résulter d'une transposition opérée par l'imprimeur et que j'ai fait disparaître dans la traduction. Si on la laissait subsister, la hauteur de la partie inférieure de la Torre del Filosofo, découverte par les fouilles de M. Gemellaro, serait encore moindre.

» bable l'opinion de l'auteur, qui pense que cette
» construction était un tombeau. »

On voit, en comparant ces deux récits, que le désaccord signalé entre eux vient uniquement de ce que le second observateur a vu l'édifice dans un autre état que le premier.

Ces ruines sont aujourd'hui plus informes encore qu'elles ne l'étaient en 1807; cependant elles sont encore reconnaissables, et l'origine antique des matériaux dont elles se composent ne paraît pas susceptible d'être révoquée en doute.

D'après les mesures citées, et pour l'exactitude desquelles on peut s'en rapporter à M. Mario Gemellaro, il paraît qu'au moment où ses fouilles ont été faites, les fondations de l'édifice étaient ensevelies tout au plus (1) de 11 palmes ou $2^m,75$ au-dessous de la surface du sol. Si donc on évalue seulement à 6 palmes ou $1^m,50$, c'est-à-dire à la hauteur du premier soubassement et de la première assise de briques, la quantité dont on aurait creusé pour asseoir le monument sur un fond moins mouvant que ne devait être alors comme il est aujourd'hui le sable superficiel, il ne restera que $1^m,25$ pour la quantité dont le sol, par l'effet des

(1) Je dis tout au plus, parce que je n'ai pu obtenir cette faible quantité de 11 palmes qu'en faisant disparaître une faute d'impression. Si ce que j'ai corrigé n'était pas une faute, la hauteur de 11 palmes devrait être diminuée.

pluies de cendres et de lapilli émanées du cratère de l'Etna, s'est élevé autour de cet édifice, depuis l'époque de sa construction qui doit remonter au moins à 1.500 ans et peut-être à plus de 2.000. Cette quantité bien évidemment n'a pas dépassé deux mètres, ce qui suppose que le Piano-del-Lago ne s'élève moyennement, par l'effet des matières qui y tombent, que d'environ un millimètre par an.

Les savantes recherches auxquelles M. Girard, membre de l'Académie des sciences, s'est livré pendant l'expédition d'Egypte, ont prouvé que le sol de la vallée du Nil s'élève moyennement, par l'effet du dépôt annuel des crues du fleuve, de $1^{m},260$ en mille ans, ou de $1^{mm},26$ par an. Ainsi le Nil travaille plus efficacement à ensevelir sous ses alluvions les monuments de Thèbes et de Memphis, que l'Etna à ensevelir sous ses déjections la *Torre-del-Filosofo*

L'importance dont un pareil fait peut être pour l'histoire de l'Etna a déjà été entrevue par le celèbre Brydone, qui, dans une lettre écrite à Faujas, le 29 mai 1770, s'exprimait de la manière suivante (*Voyez histoire naturelle des volcans, par Faujas*, p. 61) :

« ...Nous arrivâmes avant le crépuscule auprès « des ruines d'un ancien bâtiment, appelé *il Torre* » *del Filosofo*. Quelques auteurs supposent qu'il

» fut érigé par Empédocle, qui y choisit son ha-
» bitation, pour mieux étudier la nature du mont
» Etna; d'autres pensent que ce sont les ruines
» d'un temple de Vulcain, qui, comme chacun
» sait, avait dans cette montagne son atelier. »

P. 64.. « En examinant la Tour du Philosophe,
» nous vîmes avec surprise que les ruines de cet
» édifice ont resté pendant tant de siècles décou-
» vertes, presque au sommet de l'Etna, tandis que
» les laves ont enterré à plusieurs reprises, et en
» beaucoup moins de temps, des milliers d'endroits
» qui en sont fort éloignés; ce qui prouve qu'il
» y a eu peu d'éruptions à cette hauteur... »

Les derniers mots de la remarque de Brydone ne sont pas entièrement exacts; car il il n'y a que bien peu d'éruptions dans lesquelles le grand cratère reste inactif. Le fait dont il avait déjà été frappé prouve seulement qu'une très-faible portion des produits des éruptions se fixe sur les parties élevées de la montagne.

Quelque opposé que ce fait soit en lui-même à l'idée qu'on se fait généralement de l'origine des montagnes volcaniques, il est cependant parfaitement d'accord avec ce qu'on sait de la manière dont les produits des éruptions qui ont été observées, se sont répartis sur la surface du massif de l'Etna.

Pour répéter le moins possible des descriptions si

souvent publiées, je citerai d'abord ce qui est arrivé dans les deux dernières, qui ont eu lieu en 1832 et en 1833. Les circonstances que m'ont présentées les traces encore récentes de ces éruptions, vont me conduire à prendre en considération deux genres de phénomènes dont je n'ai pas encore parlé.

L'éruption du mois de mars 1833 n'a produit qu'un petit courant de lave, qui s'est déversé pardessus le bord le moins élevé du grand cratère, et que j'ai déjà décrit.

L'éruption du mois de novembre 1832 a été beaucoup plus considérable; elle a présenté les circonstances ordinaires des grandes éruptions. D'après le récit de mes guides, elle dura en tout 22 jours. Elle commença par des secousses, qui donnèrent naissance à la crevasse légèrement tortueuse qu'on voit courir aujourd'hui, depuis les flancs du cône supérieur, jusqu'au-delà de la *Torre del Filosofo*, dans la direction du Sud, 20 à 26° E. Une autre fente paraît s'être produite dans un plan vertical, passant par l'axe de la cheminée volcanique, et dirigé à-peu-près vers l'O. 14° N. D'autres fentes ou des fissures se seront sans doute produites, suivant d'autres rayons divergeant autour du grand cratère, principalement vers le N.-E. dans la direction de la partie supérieure du Val-del-Leone.

La lave ne coula pas par-dessus les bords du cratère, elle se fit jour un peu au-dessous du pied du cône supérieur, en deux points différents, situés l'un au N.-E. du centre du grand cratère, l'autre à l'O. 14° N., au haut du Val-del-Leone, sur le bord du Piano-del-Lago. Du premier orifice il ne sortit qu'une très-petite quantité de lave, tandis qu'elle s'écoula pendant trois jours par le second, en formant un courant qui descendit en bande étroite sur la déclivité rapide de la gibbosité centrale, dans la direction de Bronte. Au bout de ce temps, la lave se fit jour beaucoup plus bas, au pied même de la gibbosité centrale, en un point situé sur le prolongement du rayon mené du centre du grand cratère au second orifice; et tout porte à croire que ces deux orifices se sont établis sur une même ligne de fracture. La lave coula de l'orifice inférieur pendant tout le reste du temps que dura l'éruption. Elle ruissela d'abord sur les talus latéraux, à travers le Bosco, avec une lenteur due sans doute à son peu d'abondance, et elle mit 17 jours à parvenir au bord des terres cultivées, en formant sur les talus du Bosco, inclinés dans cette partie de 8°, une bande sinueuse analogue à un large torrent. Arrivée aux terres cultivées qui sont situées au bord du Bosco, et dont la pente est beaucoup plus faible, elle s'y étendit beaucoup plus en largeur, et en

même temps elle marcha très-vite, car en deux jours elle s'y avança de 5 milles, ou de 9260 mètres, ce qui suppose que dans ces deux derniers jours l'émission de la lave devint beaucoup plus abondante. Enfin, la sortie de la lave s'arrêta, et la coulée cessa de s'avancer, fort heureusement pour la ville de Bronte, vers laquelle elle se dirigeait, et dont elle n'était plus éloignée que de 2 milles au plus.

La terminaison de l'éruption fut marquée par une violente secousse, qui arriva à 10 heures du soir, et qui ébranla fortement le bourg de Nicolosi : des toits s'y écroulèrent, et des enfants furent écrasés sous les décombres. Ce fut cette secousse qui fit tomber la pointe la plus élevée du Bicorne, et qui fit naître à sa place le gouffre circulaire que j'ai déjà décrit.

Les terrains couverts de vignes, au milieu desquelles la coulée s'est arrêtée, à 2 milles au-dessus de Bronte, ont une pente générale de moins de 2°, qui vers l'extrémité de la coulée se réduit même à moins de 1°. Sur cette pente, la coulée a formé une vaste *cheire*, qui s'élève de 10 à 15 mètres au-dessus des terrains qu'elle recouvre. Elle est bordée par une espèce de digue de gros blocs et de scories entassées qu'elle a poussés en avant ou de côté au fur et à mesure de son mouvement. Le talus de ces digues latérales, dont

la structure rappelle jusqu'à un certain point les moraines des glaciers, est de 32°. La surface de la *cheire* est elle-même chargée d'une immense quantité de gros blocs de lave scoriacée, confusément entassés. Le désordre y est extrême : non-seulement elle présente des aspérités presque infranchissables, mais même des creux et des saillies qui la rendent pour ainsi dire montueuse. Il a fallu un travail assez considérable pour pratiquer des sentiers sur lesquels on pût la traverser sans trop de peine. Au moment où je l'ai visitée, c'est-à-dire 22 mois $\frac{1}{2}$ après sa sortie, elle était encore tellement chaude dans son intérieur, qu'on sentait à chaque instant des bouffées d'un air très-chaud sorti de ses interstices venir frapper le visage. De plus, il se dégageait d'une quantité de fissures, et particulièrement des parties les plus saillantes qui correspondent aux plus grandes épaisseurs de la masse, des filets de vapeur d'eau à une température assez élevée pour qu'il fût impossible d'enfoncer le bout du doigt dans les orifices. Ces vapeurs avaient une forte odeur d'acide hydrochlorique, qui les rendait presque suffocantes, mais aucune odeur sulfureuse ne s'y laissait distinguer. Elles déposaient sur les parois des fissures une assez grande quantité de substances salines, et principalement de l'hydrochlorate d'ammoniaque, qui tantôt était parfaitement blanc et tantôt coloré en

jaune-orangé par l'hydrochlorate de fer. En quelques points, le dépôt salin était légèrement coloré en vert. L'hydrochlorate d'ammoniaque était assez abondant pour que mon guide pût gagner sa vie à le recueillir; et quoiqu'il employât une pointe de fer pour déplacer les pierres de la surface desquelles il le détachait, je remarquai qu'il avait aux mains plusieurs brûlures profondes qu'il s'était faites en travaillant à sa pénible exploitation : cela, je le répète, 22 mois ½ après la sortie de la lave. Ce fait, sur lequel j'insiste parce qu'il m'a vivement frappé, n'a du reste rien d'inusité. La grande coulée de 1669, qui vint s'amonceler à une grande hauteur au pied des murs de Catane, fumait encore au bout de huit ans. Les grandes coulées qui surgirent en 1783, au pied du Skaptâr Jekul, en Islande, fumaient encore en 1794, onze ans après l'éruption.

Vers la fin d'octobre 1834, je visitai la grande coulée qui, deux mois auparavant (le 28 août), était sortie des flancs du Vésuve et s'était dirigée vers Ottajano. Il s'en dégageait un épais nuage de fumée, qu'on apercevait du milieu du golfe de Naples, à quatre lieues de distance. Je viens de lire, dans le mémoire que M. le professeur Daubeny a déjà publié sur cette éruption, que ce dégagement de fumée continuait encore à la fin de décembre. (Voyez le mémoire de M. le profes-

seur Daubeny dans les transactions philosophiques de la Société royale de Londres pour l'année 1835, p. 153. D'après les observations de M. Daubeny, les substances qui se dégageaient de la lave étaient aussi principalement de la vapeur d'eau, de l'acide hydrochlorique et de l'hydrochlorate d'ammoniaque.)

Dans cette coulée et dans celle vomie par l'Etna en 1832, les seules parties que j'aie trouvées encore fumantes étaient celles qui s'étaient répandues sur des pentes peu considérables; ce qui prouvait bien clairement que sur les pentes plus rapides où la lave était déjà refroidie, elle s'était amincie, tandis que sur les pentes peu considérables elle s'était au contraire amoncelée. Cette remarque trouvera plus loin son application.

Je n'ai pas manqué de me demander, sur les lieux mêmes, d'ou sortaient toutes ces vapeurs, et il ne m'est pas resté à cet égard le moindre doute: elles se dégageaient des parties non encore refroidies de la coulée. La question de savoir comment ces matières gazeuses peuvent rester engagées dans la roche fondue pendant des années entières, et ne s'en dégager que lors de son refroidissement et de sa solidification, n'est certainement pas le moins ardu des problèmes de physique moléculaire que présente la géologie; peut-être pourrait-on supposer que ces substances gazeuses forment,

autour des molécules de la matière en fusion, de petites atmosphères très-condensées qui se trouvent expulsées lorsque les molécules se rapprochent et s'accolent en forme de cristaux. Mais quelle que puisse être la cause de ce phénomène singulier, il me paraît incontestable.

Abstraction faite de ces dégagements de substances gazeuses, la propriété qu'ont toutes les coulées de lave un peu épaisses de rester intérieurement à une température élevée pendant plusieurs années, est en elle-même aussi importante que remarquable, quoique moins difficile à comprendre. Elle tient simplement à ce que les laves sont des substances très-peu conductrices pour la chaleur. Comme toute la chaleur qui élève la lave au-dessus de la température moyenne du sol de la contrée, doit finalement être transmise à travers ses surfaces, ou enlevée, soit par les substances gazeuses qui s'en dégagent, soit par l'air qui circule dans ses gerçures, la durée de son refroidissement croît avec son épaisseur dans une proportion très-rapide. Les faits que j'ai cités à cet égard sont concluants. La lave de dix à douze mètres d'épaisseur que j'ai observée au-dessus de Bronte, et qui avait coulé depuis vingt-deux mois et demi, était encore très-chaude intérieurement; tandis que la lave qui au mois de mars 1833, c'est-à-dire depuis dix-huit mois seulement, s'était

déversée par-dessus les bords du grand cratère, et qui avait environ trois mètres de puissance, était complétement refroidie.

Je cite ces deux faits parce que je les ai observés moi-même; mais il existe dans l'histoire de l'Etna et du Vésuve des faits du même genre infiniment plus remarquables. On pourra en juger par les passages suivants que je transcris textuellement :

« Je l'ai déjà dit ailleurs (*dit Dolomieu*) : quel-
» ques laves du Vésuve coulent pendant des années
» entières avec une largeur de quelques toises et
» peu d'épaisseur, sans que ni l'air ni le sol ne
» leur soustraient la chaleur nécessaire pour les
» entretenir fluides. L'Etna a eu une lave qui a
» coulé dix ans pour ne parcourir que deux milles.
» Cette lave sortit de l'Etna en 1614, et se dirigea
» vers Randazzo. Pendant dix ans que dura l'é-
» ruption, elle eut toujours un petit mouvement
» progressif, et cependant elle n'avança que de
» deux milles. » (*Dolomieu, Journal de physique, t. 44, p. 119.*)

Brydone, dans une lettre adressée à Faujas et datée de Catane, le 29 mai 1770, dit, en parlant du cône d'éruption qui se forma au pied méridional de l'Etna, vers le bas de la gibbosité centrale en 1766: «....Cette montagne fut formée, il y a plus
» de quatre ans, par l'éruption de 1766, et cepen-

» dant le feu n'y est pas éteint et la lave n'est pas
» refroidie. Cette lave vint inonder une belle forêt
» qu'elle ravagea dans l'espace de quelques milles.
» Elle creusa des ravins profonds, et on nous dit
» qu'elle les a comblés *jusqu'à la hauteur de* 200
» *pieds : c'est là où elle conserve la plus grande*
» *chaleur.* Aujourd'hui nous avons grimpé sur
» cette lave, et sa surface paraît entièrement
» froide; mais il est sûr qu'en plusieurs endroits
» elle exhale encore beaucoup de fumée, et les
» habitants assurent qu'où la lave est très-épaisse,
» il en arrive toujours de même pendant quelques
» années, ce que je suis fort disposé à croire :
» un corps solide de feu si épais et si étendu doit
» conserver sa chaleur un grand nombre d'années;
» la surface se noircit et se durcit bientôt, et en-
» ferme le feu liquide en-dedans, dans une espèce
» de boîte qui écarte toutes les impressions de
» l'air extérieur et du temps. C'est ainsi que j'ai
» vu, plusieurs mois après les éruptions du Vésuve,
» une couche légère de lave de quelques pieds qui
» resta rouge au centre longtemps après que la
» surface fut refroidie; et en plongeant un bâton
» dans ses crevasses, il prenait feu à l'instant,
» quoiqu'il n'y eût au-dehors aucune apparence
» de chaleur. » (*Faujas, histoire naturelle des volcans, p.* 60.)

M. Poulett-Scrope dit, dans son ouvrage sur les

volcans, page 101, qu'il a observé en 1819, sur les flancs de l'Etna, dans le Val-del-Bove, un courant de lave qui, neuf mois après son émission, avançait encore lentement à raison d'environ *un mètre par jour.*

Ce dernier fait et le mouvement que conserva pendant dix ans la lave citée plus haut par Dolomieu, sont des conséquences nécessaires de la longue durée du refroidissement total. On conçoit en effet que tant que dans l'épaisseur d'une coulée de lave il reste une assise dont la température n'est pas descendue au-dessous du terme où la lave est encore pâteuse, la partie supérieure et déjà refroidie de la coulée n'adhère pas au sol et exerce une énorme poussée, par l'effet de laquelle elle se ride, se tourmente, se déchire; ce qui contribue en partie au désordre qui forme le caractère des coulées refroidies sur des pentes. Dans ce cas l'écorce supérieure de la lave se trouve à-peu-près dans la même situation qu'un glacier qui, ne pouvant adhérer à la montagne qui le supporte, à cause de la fusion continuelle de ses parties inférieures, glisse sur sa surface et se tourmente par l'effet du glissement. Les grands glaciers des Alpes glissent quelquefois de cette manière sur des pentes qui ne dépassent pas 3°.

Pour compléter le tableau des effets que produisent les éruptions de l'Etna, j'aurais encore à

passer en revue plusieurs circonstances remarquables, mais qui pour la plupart me détourneraient en ce moment de mon objet, et dont quelques-unes trouveront leur place plus loin. Il m'importait surtout de faire connaître celles qui influent sur les manières dont les produits volcaniques s'entassent sur les flancs de la montagne, et pour cela il ne me reste guère qu'à parler des déjections de matières incohérentes.

On sait que le courant de fluides élastiques, qui dans toute éruption volcanique joue un rôle principal, entraîne toujours avec lui, sous forme de blocs, de scories, de lapilli ou de cendres, des parties détachées, soit des parois de l'orifice volcanique soit de la lave qu'il fait bouillonner. Une portion de ces matières incohérentes emportées à une grande hauteur dans l'atmosphère, retombent sous forme de pluies de pierres, de lapilli et de cendres, sur la surface de la montagne ou sur celle des contrées voisines. Souvent les cendres de l'Etna ont recouvert les toits de Messine ou les mûriers de la Calabre; quelquefois elles sont tombées sur l'île de Malte, et peut-être même sur des contrées beaucoup plus éloignées.

Mais les matières incohérentes entraînées ainsi à des distances plus ou moins considérables, ne recouvrent jamais le sol sur lequel elles retombent que d'une couche très-peu épaisse; la masse

principale des produits incohérents d'une éruption retombe toujours immédiatement à l'entour de l'orifice volcanique, et s'y entasse sous la forme d'un cône tronqué et évidé à son sommet en forme de cratère. C'est ainsi que s'est réédifié à plusieurs reprises le cône supérieur de l'Etna. C'est aussi de cette manière que se sont élevés autour des orifices principaux des éruptions latérales, les cônes parasites qui ornent et diversifient les pentes de la montagne : on peut compter soixante ou quatre-vingts de ces cônes parasites qui rappellent, tant, par leurs dimensions que par leurs formes, les *puys de scories* des environs de Clermont, tels que le Puy-de-Pariou, le Puy-de-Come, le Puy-de-la-Nugère; comme eux ils sont très-fréquemment échancrés latéralement; comme eux aussi ils présentent des arêtes rectilignes inclinées de 20 à 40°.

Abstraction faite du cône supérieur et de ces cônes parasites, qui constituent comme autant d'excroissances isolées, les produits des éruptions modernes forment sur la surface de l'Etna un manteau presque continu, mais *d'une épaisseur très-inégale.* Cette épaisseur est beaucoup moins grande vers les parties centrales et les plus élevées que vers la base. Le manteau de déjections modernes s'interrompt même en quelques points de la gibbosité centrale, pour laisser les produits de

l'époque ancienne se montrer à découvert comme des montagnes qui apparaissent à travers une éclaircie des nuages.

Relativement aux matières fondues, cette circonstance est naturelle, et cesse de surprendre aussitôt qu'on étudie la manière dont les laves se répandent sur des surfaces inclinées.

On ne pourrait s'en étonner que relativement aux matières incohérentes; mais ce que j'ai dit ci-dessus, de la manière dont elles s'entassent autour des bouches d'éruption, suffit pour faire concevoir le peu d'épaisseur de la couche qu'elles ont produite sur la plus grande partie de la surface de la montagne. Au premier abord on aurait pu croire, sans doute, que les déjections incohérentes qui forment la masse principale des produits du grand cratère, auraient recouvert toute la surface de la gibbosité centrale de l'Etna d'une couche épaisse de cendres et de lapilli; mais relativement à la manière dont ces matières se répandent et peuvent se fixer sur la surface du volcan, on ne peut avoir de moyen d'étude plus certain que l'examen de la surface de ce volcan lui-même, et il suffit d'un coup-d'œil jeté par un temps parfaitement clair sur la partie orientale de l'Etna, pour voir que plusieurs parties très-étendues de la gibbosité centrale qui sont peu éloignées du grand cratère, notamment la *Shiena*

del Asino, n'ont pas été complétement recouvertes par les déjections dont il s'agit, mais qu'elles n'ont été, pour ainsi dire, que saupoudrées d'une petite quantité de ces matières, que le temps a fini par réunir dans les ravins dont elles marquent le fond par une simple traînée noire, laissant tout le reste exposé au jour.

Dans les parties voisines de celles dans lesquelles il s'interrompt d'une manière si remarquable, le manteau de déjections modernes ne peut manquer d'être très-mince. On trouve effectivement la preuve du peu d'épaisseur qu'il présente sur le Piano-del-Lago, dans le fait que les assises des déjections anciennes se montrent jusqu'à la crête des escarpements du *Serre del Solfizio* qui forme la tranche du Piano-del-Lago, et dans la circonstance que l'effondrement circulaire appelé *la Cisterna*, qui est situé sur le Piano-del-Lago, en arrière de la crête du Solfizio, montre aussi les assises de laves et de tufs de l'ancienne formation au-dessous d'une très-faible épaisseur de produits modernes. Ce que j'ai dit ci-dessus de la Torre-del-Filosofo dont les éruptions de quinze à vingt siècles ont à peine entouré la base d'un à deux mètres de matières, met d'ailleurs hors de doute l'extrême lenteur avec laquelle les produits volcaniques s'accumulent dans ces régions élevées.

Le cône supérieur est évidemment la seule

masse un peu considérable de produits récents qui s'élève sur le Piano-del-Lago. Mais j'ai déjà fait remarquer que son existence n'est jamais que passagère, et que s'il s'élève graduellement pendant quelques siècles, c'est pour s'abîmer souvent en un jour dans le gouffre dont il forme la balustrade, comme cela lui est arrivé en 1444 et en 1702, et comme cela lui est encore arrivé partiellement en 1832.

Lorsque, dans une nouvelle phase de sa mobile existence, le cône supérieur de l'Etna se sera de nouveau engouffré dans les abîmes de la montagne, que restera-t-il des produits de l'Etna moderne sur les flancs de la gibbosité centrale? Il restera les dômes de scories de la Montagnuola, du Monte-Frumento, et quelques autres semblables; il restera sur la surface du Piano-del-Lago, cette mince couverture de cendres et de blocs lancés par la grande cheminée volcanique qui, depuis 1500 ou 2000 ans, s'est élevée d'un à deux mètres autour des fondements de la Torre-del-Filosofo; il restera aussi quelques coulées de laves qui se sont entassées dans les légères dépressions que ce plan a pu présenter; il restera enfin sur celles des pentes de la gibbosité centrale qui partent de la circonférence du Piano-del-Lago, une couverture, probablement aussi très-mince, de cendres et de ces traînées de scories que les cou-

lées laissent comme traces de leur passage sur toutes les pentes considérables; il ne restera, en un mot, sur une partie de cette gibbosité, qu'une écorce très-mince de produits modernes.

Dans tout le reste de son étendue, le manteau de déjections modernes qui recouvre la plus grande partie du massif de l'Etna est évidemment beaucoup plus épais.

C'est sur les talus latéraux de l'Etna et sur le terre-plein peu incliné qui les termine, que s'accumulent la plus grande partie des déjections modernes. Les laves et les déjections incohérentes s'y stratifient couche par couche, et c'est aux lois régulières suivant lesquelles s'opère leur accumulation, que sont dues la douceur et la régularité des pentes que présentent ces parties. La forme aplatie de l'Etna, déjà signalée plus haut, est l'expression en grand d'une partie de ces lois.

Les talus latéraux ne sont, au moins à leur surface, que des remblais formés en partie de *cheires* entassées les unes sur les autres, et en partie de matières incohérentes tombées sous la forme de pluie de cendres ou entraînées par les eaux. Les coulées de lave, sorties soit de la bouche du volcan, soit de ses flancs, soit de la surface même des talus latéraux, s'y étendent et s'y accumulent les unes sur les autres. Les déjections pulvérulentes, et les matières que les eaux peuvent arracher aux flancs de

la gibbosité centrale, s'y accumulent aussi couches par couches. Les unes comme les autres, élevant par degrés ces talus, les rendent de jour en jour plus uniformes, et expliquent parfaitement la régularité de leur inclinaison, qui se relève de toutes parts vers le pied de la gibbosité centrale sous des angles qui atteignent quelquefois mais qui dépassent rarement 8°; aussi n'est-ce qu'en un bien petit nombre de points qu'on y voit pointer encore quelques roches étrangères aux productions de l'Etna actuel.

L'épaisseur totale de cette accumulation de produits modernes, qui forme les talus latéraux, reste souvent tout à fait inconnue, parce qu'elle dépasse la faible hauteur suivant laquelle ils sont entamés par les ravins. La structure de ces vastes remblais s'aperçoit cependant quelquefois sur une certaine épaisseur à la faveur des fentes et des cavités en forme d'entonnoirs produites par les secousses qui ont accompagné les éruptions. Partout ailleurs, on ne peut observer que leur surface, à moins qu'on n'y ait pratiqué quelque coupure artificielle, par exemple, en faisant la tranchée d'une route. Mais l'examen de la surface suffit pour reconnaître la manière dont s'opère l'entassement progressif des produits modernes.

Si on observe avec attention la position des cônes formés par les éruptions latérales, on voit

que, pour la plupart, ils sont situés vers le pied de la gibbosité centrale, et plutôt en dehors qu'en dedans de la ligne à partir de laquelle la pente de cette gibbosité commence à se prononcer fortement. Ces cônes étant comme autant de jalons qui marquent les points d'où se sont écoulés les grands courants de lave, on voit qu'il existe une harmonie complète entre leur position et la forme régulière que présentent les pentes de l'Etna, à partir de la zone dans laquelle il sont principalement concentrés.

L'action que les eaux pendant l'été, et les avalanches de neige pendant l'hiver, peuvent exercer pour arracher les matériaux des pentes rapides de l'Etna et aller les déposer sur des parties moins inclinées, est évidemment assez faible; car, si elle était considérable, le Piano-del-Lago serait remblayé jusqu'à une hauteur considérable par les matériaux arrachés ainsi des flancs du cône supérieur; et cet effet à lui seul, s'il était un peu intense, aurait suffi pour ensevelir et dérober à nos regards les ruines de la *Torre-del-Filosofo*.

Toutefois, les eaux qui, lors de la fonte des neiges et lors des grands orages, sillonnent plus ou moins fortement les talus latéraux, ne pouvaient manquer d'influer à la longue sur la pente générale qu'ils contractent; et il est assez remarquable de voir que cette pente, qui s'arrête moyennement

à 7 ou 8°, est précisément du même ordre que celles des cônes de débris que les torrents alpins entassent à l'entrée des gorges dans lesquelles ils coulent avant de se répandre dans les plaines ou vallées larges et à fond plat : fait dont on pourra aisément s'assurer en jetant un coup-d'œil sur le tableau dans lequel j'ai réuni un grand nombre d'exemples de talus formés de matières incohérentes. (Voyez chapitre IVe.)

Le mode d'ajustement des talus latéraux par rapport à la gibbosité centrale de l'Etna, sur lequel j'ai déjà plus d'une fois attiré l'attention du lecteur, m'a paru dès le premier moment une de ces circonstances simples et frappantes dans lesquelles un observateur attentif doit trouver une base assurée.

Le trait caractéristique des cônes dont la forme extérieure est entièrement due aux phénomènes d'éruptions, tels que les cônes supérieurs du Vésuve et de l'Etna, ou les cônes parasites qui se forment sous nos yeux à chaque éruption latérale de l'un de ces deux volcans, consiste dans la *continuité* et la *rectilignité* de leurs talus. Le trait caractéristique de la forme générale de l'Etna consiste au contraire dans la *discontinuité* extrêmement prononcée des deux parties principales dont il se compose. Le modèle en relief, malgré la pe-

titesse de son échelle, rend cette discontinuité sensible.

Un second point que le modèle ou relief met, ce me semble, pleinement en lumière, c'est que cette discontinuité des deux parties principales dont la surface de l'Etna se compose, n'est justifiée par la disposition des bouches latérales d'éruption, qu'autant qu'on regarde la gibbosité centrale comme ayant une existence tout à fait indépendante de celle des talus latéraux. Ces cônes, au lieu d'être concentrés sur les flancs de la gibbosité centrale, se voient aussi et même en plus grand nombre sur les talus latéraux dont ils contribuent, ainsi que je l'ai dit plus haut, à expliquer la disposition. On aurait pu, au premier abord, supposer qu'il existe un rapport entre l'existence de la gibbosité centrale et les produits des éruptions du grand cratère; mais cette supposition est renversée jusque dans ses fondements par le fait qu'une partie de la gibbosité centrale, n'a pas même été recouverte par ces déjections, et par l'observation de la *Torre-del-Filosofo* encore visible après deux mille ans.

Ce défaut de continuité dans les pentes de l'Etna trahit ainsi la *double origine du massif volcanique.*

Nous avons vu que la gibbosité centrale de l'Etna se trouve dans un état presque station-

naire comparativement aux talus latéraux, sur lesquels l'accumulation des produits des éruptions suit une marche beaucoup plus rapide. Il est même à remarquer que les parties de cette gibbosité que les produits récents n'ont pas recouvertes, n'ont pas simplement cessé de s'accroître, mais qu'elles se trouvent, comme les montagnes non volcaniques, dans un état de dégradation et d'amoindrissement graduel. Cette double circonstance rend d'autant plus sensible le remblai progressif qu'éprouvent les talus latéraux. Non-seulement les coulées de l'Etna en se répandant dans le Val-del-Bove, et s'y accumulant les unes sur les autres, tendent à le remplir et à l'effacer complétement, mais en se répandant et s'accumulant de la même manière sur les talus latéraux extérieurs, elles tendent à ensevelir complétement la gibbosité centrale tout entière.

Les éléments successifs que les éruptions actuelles ajoutent d'année en année au massif de l'Etna, sont à la vérité les éléments d'un cône, mais d'un cône extrêmement surbaissé, dont la pente, ainsi que je l'ai dit plus haut, ne dépasse pas 8°; et la dernière limite à laquelle on peut concevoir que la répétition indéfinie des éruptions actuelles tend à faire parvenir la forme de l'Etna, serait un cône infiniment moins élancé que celui

dont le noyau de la gibbosité centrale paraît être un débris.

La hauteur de l'Etna au-dessus de la mer qui baigne sa base est presque égale à celle des grands volcans de la Nouvelle-Grenade et à celle du Chimborazo lui-même, au-dessus du plateau de Quito qui leur sert de piédestal. Si, à l'exemple de ces volcans des hautes régions, l'Etna n'avait jamais vomi de coulées de lave, peut-être pourrait-il rivaliser sous le rapport de la hardiesse des formes avec les colosses des Andes; peut-être même le morcellement en forme de fer à cheval du massif de laves anciennes, qui forme le noyau de la gibbosité centrale, lui donnerait-il sous certains aspects quelque chose de plus élégant; mais les produits de ses éruptions, qui n'ont augmenté que très-faiblement et dans une partie seulement de son étendue, le noyau de la gibbosité centrale, qui ne l'ont surmonté que d'un cône d'éruption mesquin et d'une existence passagère, ont enseveli la base de ce même noyau, sous toute la hauteur des talus latéraux auxquels leur accumulation a donné naissance; ils ont ainsi dérobé à la vue une partie de la saillie qu'il présentait vraisemblablement au commencement de la période actuelle; ils ont imprimé au massif entier un caractère de platitude qui va sans cesse en croissant, et qui de siècle en siècle, lui donnera un aspect de plus en

plus prosaïque. Or, puisque la marche actuelle des phénomènes de déjection tend à effacer et à ensevelir la gibbosité centrale bien plutôt qu'à l'élever, il est évident qu'il faut chercher l'origine de cette gibbosité dans des phénomènes dont une partie aurait été d'un autre ordre que les phénomènes de déjection qui se continuent de nos jours.

Cette gibbosité centrale ne doit évidemment son existence qu'au noyau préexistant qui en forme la masse principale. Si ce noyau n'existait pas, l'Etna ne s'élèverait pas au-delà du point de concours des arêtes prolongées des talus latéraux, c'est-à-dire qu'il n'aurait pas au-delà de 1,600 à 2,000 mètres de hauteur. Mais si l'Etna doit l'existence de sa gibbosité centrale à un noyau préexistant, comment pourrait-on concevoir que des éruptions comparables à celles de l'Etna moderne, et qui n'auraient pas trouvé un autre noyau antérieur, eussent produit une masse aussi convexe que celle du noyau de la gibbosité centrale? Si, comme quelques personnes l'ont pensé, il existait une similitude complète d'origine entre les matières dont se compose le noyau intérieur de la gibbosité centrale et les produits actuels des éruptions, on pourrait en inférer que les premiers ont dû s'entasser à la manière des produits actuels; et on ne verrait pas pourquoi ils auraient donné

lieu à une convexité plus rapide que celle des talus latéraux.

Les philosophes et les géologues, qui depuis les Grecs jusqu'à nous ont vu l'Etna recouvrir presque périodiquement ses flancs de nouvelles assises de cendres, de scories et de laves, ont admis à peu près sans examen, et comme un fait pour ainsi dire évident par lui-même, que la montagne entière résulte simplement de la surad dition graduelle d'éléments tous semblables entre eux et semblables aux produits d'une des érup tions arrivées sous leurs yeux. En effet, au premier abord, cela paraît presque aussi naturel que d'attribuer la croissance entière d'un chêne à la répétition des phénomènes de végétation qu'on lui voit produire pendant le cours d'un été. Mais les réflexions que je viens de faire, me paraissent montrer clairement que le massif de l'Etna ne peut pas être décomposé en totalité en éléments tous analogues entre eux et d'une origine semblable, comme le sont les couches successives dont le tronc d'un chêne se compose; et qu'en comparant la croissance de l'Etna à celle d'un végétal unique, on commet à peu près la même erreur que si on attribuait à la végétation d'un lierre l'existence d'un vieil arbre mort au tronc duquel il s'est attaché.

En dernière analyse, les traits vraiment carac-

téristiques de la forme de l'Etna, ceux dans lesquels son mode d'accroissement et son origine première se trouvent profondément écrits, sont, d'une part, la faiblesse et l'uniformité des pentes que présente la base depuis le pied de sa gibbosité centrale jusqu'aux rivages des eaux qui le circonscrivent, et, de l'autre, la saillie rapide, l'isolement et le morcellement du noyau de cette même gibbosité centrale. Les pentes douces de la base ont été produites par un remblai; mais la saillie rapide, l'isolement et le morcellement de la gibbosité centrale ont pour cause première un soulèvement; telle devra être en deux mots la théorie de l'Etna.

FRACTURES ET SOULÈVEMENTS PRODUITS PAR LES ÉRUPTIONS MODERNES.

Mais ce n'est pas seulement par voie d'exclusion qu'on arrive à chercher dans un phénomène de soulèvement la clef de la forme que nous présente le massif de l'Etna. L'observation attentive des phénomènes dont il est de nos jours le théâtre, conduisent directement à chercher la part que les phénomènes de soulèvement peuvent avoir eue dans sa production.

Parmi les circonstances que présentent toutes les grandes éruptions, il en est une que jusqu'ici j'ai

presque passée sous silence et sur laquelle je dois maintenant revenir.

Les éruptions de l'Etna s'annoncent presque toujours par des secousses de tremblement de terre qui ébranlent toute sa masse et souvent même la Sicile presque entière. L'effet de ces secousses ne se réduit pas toujours à de simples vibrations : presque toujours au contraire il finit par en survenir d'assez fortes pour que la montagne, cédant à l'effort exercé sur elle de bas en haut, se fende, et pour que les parois des fentes s'écartent d'une quantité plus ou moins grande, qui s'élève quelquefois à plusieurs mètres. Les fentes se produisent toujours à peu près suivant des plans verticaux qui passent par l'axe de la cheminée volcanique, et qui coupent la montagne suivant un de ses méridiens. Souvent il naît à la fois plusieurs fentes semblables qui se croisent près du centre de la gibbosité centrale, et qui produisent un véritable *étoilement* du massif de l'Etna.

Aussitôt qu'une pareille fente a pris naissance, la lave qui bouillonne dans la cheminée centrale ne peut manquer de s'y introduire plus ou moins rapidement, et elle finit presque toujours par s'y frayer un passage par lequel elle s'écoule latéralement sur les flancs de la montagne. Lorsqu'elle parvient à s'y faire jour, elle y produit des phénomènes tout à fait analogues aux éruptions

du grand cratère : d'épaisses colonnes de vapeurs et des apparences de flammes s'élèvent à une grande hauteur; des cendres, des lapilli, des blocs de laves sont lancés en l'air, et celles de ces matières qui retombent près de l'orifice y forment un de ces cônes que j'ai mentionnés ci-dessus. Le cône de scories est souvent ébrêché d'un côté par la lave qui s'écoule. Quelquefois, soit que la fente s'étende et s'agrandisse par des secousses réitérées, soit que la lave finisse avec le temps par la parcourir plus facilement à mesure qu'elle l'échauffe davantage, l'éruption latérale n'a pas lieu jusqu'à la fin par le même point de la fente; mais, après s'être faite pendant quelque temps en un certain point, elle cesse d'y avoir lieu, et elle se transporte en un second point plus bas que le premier, et plus éloigné de l'axe de la montagne, où se reproduisent les mêmes phénomènes. Ce déplacement peut se répéter ainsi plusieurs fois, et toujours dans le même sens, le long d'une même fente. M. Mario Gemellaro a cru remarquer, entre ces éruptions partielles qui se transportent ainsi de plus en plus bas dans le cours d'une même éruption de l'Etna, une relation remarquable, qui consiste en ce que leur violence augmente à mesure que l'orifice s'abaisse, dans une proportion telle que les apparences de flammes et les matières rejetées s'élèvent toujours, à peu près, dans ces érup-

tions successives jusqu'à une même hauteur absolue, jusqu'à un même plan de niveau, comme si la pression d'une même colonne liquide déterminait pendant toute leur durée la marche des phénomènes. Les laves parviennent ainsi quelquefois à se faire jour à une grande distance de l'axe de l'Etna, et à une très-petite hauteur au-dessus de la mer, comme l'attestent le cône de scories nommé *monte del Mojo*, situé près du bourg de Mojo, sur la rive gauche de la rivière Onobola, et un autre petit cône, le monte *Santa-Sofia*, situé à peu de distance de Catane; voyez la carte *Pl.* 1re.

Lorsque les phénomènes dont je viens de parler ont lieu, la partie inférieure de la fente reste nécessairement remplie de lave, qui y produit un filon. Quant à la partie supérieure située au-dessus du niveau de l'orifice le plus bas, par lequel la lave s'écoule, elle se remplit souvent de scories ou de matières d'éboulement. Quelques-unes de ces fentes sont cependant restées bâillantes, témoin celle dont la partie vide forme la *grotta dei Palombi*, près de Nicolosi, dont M. Mario Gemellaro a rendu l'accès praticable.

La grotta dei Palombi est située à trois quarts de lieue de Nicolosi, à quelque distance du pied N.-O. des Monti-Rossi. Son entrée se trouve à l'extrémité d'une dépression elliptique ouverte dans une grande assise de lave, et qui ressemble à

une carrière abandonnée. Le grand axe de cette ellipse court du N. 25° O. au S. 25° E. La caverne elle-même, qui part de l'extrémité méridionale de ce grand axe, présente un cours légèrement tortueux qui se dirige tantôt au S. 35° E., tantôt au S. 38° E.; elle s'écarte ainsi de 27 à 30° de la direction d'un plan méridien passant par la cime de l'Etna, qui se trouve au N. 8° O; ce qui montre que ce que j'ai dit ci-dessus de la direction des fentes suivant des plans méridiens de la montagne, ne doit pas être pris dans un sens absolu : ces fentes font toujours quelques zigzags.

A mesure qu'on pénètre dans la *grotta dei Palombi*, on descend assez rapidement; on arrive même à un point où il y a une chute verticale d'environ 20 mètres, qu'on ne peut franchir qu'au moyen d'un treuil que M. Mario Gemellaro a fait établir. La fente n'est pas restée vide jusqu'à la surface du sol; la partie supérieure paraît être remplie par les scories qui forment la surface du sol. L'espace vide se compose d'une série de chambres qui rappellent exactement les vides produits dans une mine par l'exploitation d'un filon. La largeur du vide varie de 1 à 4 mètres. La chambre la plus basse, dans laquelle on descend à l'aide du treuil, a pour parois une épaisse couche de lave dont la surface a été refondue, et

dont les parties refondues ont été légèrement arrachées et tiraillées, pour ainsi dire tenaillées, probablement par la lave qui a bouillonné dans la fente. Au fond de la chambre la plus inférieure on voit encore la fente se continuer, mais elle devient très-étroite, et quelques coups de mine seraient nécessaires pour en rendre l'accès praticable.

L'intersection du plan de la fente avec la surface du sol est marquée par une longue file de petits monticules de scories rouges, présentant entre elles plusieurs enfoncements cratériformes. Tout annonce que ces scories ont été lancées par les gaz qui s'échappaient de la lave lorsqu'elle bouillonnait dans la fente.

M. Mario Gemellaro, sentant tout l'intérêt qui s'attacherait à l'exploration de cette caverne, y a placé des inscriptions au fur et à mesure de l'avancement des travaux de déblais qu'il y a fait exécuter. Avant la descente du treuil, on en trouve une qui porte seulement la date : « *XXI junii* 1807. » Et au fond de la chambre inférieure, on rencontre celle-ci : « *Mario Gemellaro primus ima hæc in* » *tartara venit.* — *anno* 1823 ». J'ai trouvé la température de l'air, au fond de la chambre inférieure, de 9° centigrades, ce qui prouve que la chaleur introduite par la lave qui a oscillé dans cette fente et a fondu la surface de ses parois, est entièrement dissipée, car la température moyen-

ne de la surface, qui, près de là, est couverte de vignes, ne saurait être de moins de 9°.

La surface de l'Etna présente plusieurs autres grottes qui paraissent avoir la même origine que la *grotta dei Palombi*, et qui ne doivent pas être confondues avec les grottes qui résultent des inflexions que les écorces encore pâteuses des coulées de lave ont subies en glissant et en se tourmentant sur des plans inclinés.

L'histoire de l'Etna présente un grand nombre d'exemples de la formation de fractures analogues à celle qui a donné naissance à la *grotta dei Palombi*, et des éruptions latérales qui en ont été la conséquence. Chacun des cônes parasites qui sont répandus sur la surface du massif est un témoin d'un phénomène de ce genre. Parmi ces phénomènes, un de ceux qui paraissent s'être produits sur la plus grande échelle, et en même temps un des mieux connus, est celui qui en 1669 causa la destruction du bourg de Nicolosi, et faillit amener la ruine de la ville de Catane.

Après de violentes secousses une vaste fracture se produisit à travers le massif de l'Etna; elle se terminait inférieurement près de Nicolosi, dans l'emplacement où s'élèvent aujourd'hui les Monti-Rossi; et elle se prolongeait à travers les pentes de la gibbosité centrale et le Piano-del-Lago, jusqu'au-delà de la Torre-del-Filosofo. Si elle ne

passait pas par l'axe du cône supérieur, elle en rasait du moins la base. Spallanzani, dans son voyage dans les Deux-Siciles, reproduit une vue de l'Etna sur laquelle elle est figurée. Elle avait plus de deux mètres de diamètre à la surface du sol. La lave se répandit dans son intérieur et y resta incandescente même à la surface, de manière que la nuit on voyait la lueur livide, qui émanait de la matière en fusion, éclairer les deux bords de la fente et se répandre au-dehors. La coulée de 1669, qui vint s'arrêter et s'amonceler contre le mur d'enceinte de la ville de Catane, sortit du point de cette fente, qui se trouvait le plus éloigné de l'axe de la montagne et par suite le plus bas, et autour du point de sortie s'accumula la masse de scories qui forme aujourd'hui le cône échancré, et à deux cimes, qu'on appelle les Monti-Rossi.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, le même phénomène s'est reproduit sur une échelle moins grande, à la vérité, mais avec plusieurs circonstances dignes d'attention, lors de l'éruption du mois de novembre 1832.

La lave coula successivement par trois orifices, le premier situé au pied N. E. du cône supérieur, dans le *Valle del Leone*, à la naissance du *Val-del-Bove*, le second au bord du Piano-del-Lago, au haut des pentes occidentales de la gibbosité centrale de l'Etna, et le troisième au pied

de ces mêmes pentes, sur le bord des talus latéraux. La ligne qui joint ces deux derniers points court à l'O. 14° N., et passe par l'axe du grand cratère. Tout indique, surtout aux yeux des personnes qui, comme M. Mario Gemellaro, se sont familiarisées depuis longtemps avec le mécanisme des éruptions de l'Etna, qu'une fente méridienne s'était produite dans cette dernière direction.

Cette fente a été la seule par laquelle la lave ait coulé d'une manière prolongée, mais elle n'a pas été la seule qui se soit produite au moment de cette éruption : indépendamment de l'orifice qui donne aussi issue à la lave dans le *Valle-del-Leone*, la surface des parties supérieures de la gibbosité centrale présente en différents points des fumaroles dont l'origine paraît due à un grand nombre de fissures produites à l'époque dont il s'agit. J'ai indiqué de ces fumaroles jusque dans les flancs du cône de scories appelé *Boccone de Lunegi*, situé à l'extrémité septentrionale du *Serre-del-Solfizio*. D'autres sortent de différents points des flancs du cône supérieur ou de divers points situés en dehors de sa base. Mais nulle part elles ne s'étendent si loin et d'une manière si continue que le long d'une crevasse un peu tortueuse, quelquefois ramifiée, qui part du nouveau cratère produit à la fin de cette même éruption de 1832, par l'écroulement de la pointe la plus élevée au

Bicorne, et qui se dirige vers la *Torre-del-Filosofo* dans la direction du S. 26° E.

Cette crevasse commence à se manifester dans le ravin qui entame la pente du cône supérieur, à partir des bords du petit cratère de 1832. Les divers dégagements de gaz hydrogène sulfuré qui donnent naissance aux flammes permanentes et au nuage de fumée bleuâtre dont j'ai parlé dans le récit de mes courses autour du cratère, sortent de différents points de cette crevasse, qui se trouve alternativement élargie et obstruée par intervalles. Parvenue au pied du cône, elle traverse d'abord deux coulées de lave étendues sur le Piano-del-Lago, savoir : 1° une petite coulée sortie au pied de la cime actuellement la plus haute; et 2° une seconde, sortie plus loin, à l'O. du pied du cône, et qui se bifurque derrière la casa Inglese. Elle laisse ensuite la casa Inglese sur la droite, et elle se poursuit en se bifurquant et en faisant quelques zigzags à travers le terre-plein couvert de lapilli qui couvre le Piano-del-Lago, jusqu'au-delà de la Torre-del-Filosofo qui s'est trouvée comprise entre ses deux rameaux.

Elle se manifeste à la surface :

1° Par un changement de niveau relatif entre les deux parties du terre-plein qu'elle traverse, de sorte que la partie qu'elle laisse à l'est, paraît abaissée d'environ un mètre, ou que, ce qui re-

vient au même, la partie située à l'ouest paraît élevée de la même quantité.

2° Elle se manifeste aussi par une trace en forme de fossé qui dessine chacune de ses ramifications, et qui résulte de ce que les lapilli incohérents que traversait son ouverture se sont éboulés dans son intérieur.

Mais ces éboulements ne se sont pas toujours bornés à produire un sillon étroit; en beaucoup de points il s'est produit des enfoncements plus larges, et dont quelques-uns sont de grands entonnoirs plus ou moins exactement circulaires dont la partie supérieure présente des parois coupées à pic, et dont le fond est un cône renversé en forme de trémie dont la pointe marque le point d'engouffrement des matières qui ont ainsi disparu dans les abîmes intérieurs de la montagne.

En descendant directement des foyers alimentés par l'hydrogène sulfuré vers la casa Inglese, j'ai observé, sur la crevasse dont il s'agit, dans la partie où elle traverse la première des deux coulées de lave mentionnées ci-dessus, un effondrement de cette espèce, d'où il ne sortait aucune fumarole, et qui montrait dans son escarpement une succession de couches de matières incohérentes et de couches minces de laves. Cet effondrement est peu large et peu régulier.

Plus au sud, sur la ligne qui conduit de la casa Inglese au *Boccone de Lunegi*, le prolongement de la crevasse a produit, dans la seconde des deux *cheires* mentionnées, plusieurs effondrements d'un contour elliptique, dont un très-large et très-régulier, situé à moitié dans le bord de la cheire et à moitié dans le terre-plein ondulé de lapilli qui la supporte.

Plus loin encore vers le sud, dans la partie où la crevasse se ramifie et forme quelques zigzags, et dans un point où les deux branches principales de la crevasse changent subitement de direction, j'ai observé un large entonnoir d'effondrement, parfaitement circulaire, et présentant à sa partie supérieure des flancs verticaux dans lesquels se dessinent les assises horizontales de lapilli et de petits blocs rejetés qui forment le sol du Piano-del-Lago.

L'éboulement qui a produit à la place de la cime la plus élevée du Bicorne le petit cratère très-profond dont j'ai déjà parlé, ne diffère évidemment que par sa grandeur de ceux qui ont produit les petits cirques dont je viens de faire mention.

La production de ces petits cirques d'éboulement n'est pas un fait nouveau sur le Piano-del-Lago. Dans l'éruption de 1792 il s'y était déjà produit, entre la Torre-del-Filosofo et la monta-

gnuola, un cirque analogue, mais un peu plus grand, que, d'après sa forme, on a nommé la *Cisterna* (*la Citerne*).

La faille de 1832 se dirigeait du côté de la Cisterna, et elle y a produit un renouvellement de l'éboulement primitif auquel elle devait son origine; de sorte que la Cisterna s'est trouvée approfondie.

Cette *Cisterna* est remarquable non-seulement par sa forme et son origine, mais encore en ce qu'elle fournit la preuve du peu d'épaisseur du manteau de déjections modernes qui couvre cette partie de la gibbosité centrale, car elle est taillée presque en entier dans les assises de laves anciennes et de tufs qui en forment le noyau. Avant 1832, on y comptait onze de ces assises; maintenant que la Cisterna s'est encore approfondie, on en compte treize.

De pareils effondrements se sont aussi produits à diverses époques en dehors du Piano-del-Lago. En descendant de l'extrémité septentrionale du Serre-del-Solfizio, vers le cône de 1811 situé au fond du Val-del-Bove, j'ai rencontré, aux deux tiers de la pente, une déchirure profonde et sans issue, qui n'était évidemment qu'un effondrement de ce genre. Cette déchirure coupe plusieurs laves modernes séparées par des assises de scories. L'épaisseur de chacune des assises de laves varie

considérablement en se modelant sur les inégalités du terrain qui la supporte. L'une d'elles atteint en un point une épaisseur de plusieurs mètres, et devient alors grossièrement prismatique. Toutes présentent, dans l'arrangement de leurs parties de diverses textures, des traces nombreuses de l'action de couler.

Les effondrements arrivés le long de la fente qui, en 1832, est venue couper le Piano-del-Lago, montrent clairement que, bien que cette fente n'ait pas donné issue à la lave, elle était cependant profonde et communiquait avec les cavités intérieures de l'appareil volcanique. En la considérant d'un même coup-d'œil avec la fente qui a donné issue à la lave du côté de Bronte et avec les autres traces de fendillement que j'ai indiquées, on voit que dans l'éruption de 1832 le massif de l'Etna a été complétement *étoilé*.

Ce fait, qui paraît s'être répété dans presque toutes les grandes éruptions, me semble d'un grand intérêt, en ce qu'il donne la preuve directe du peu d'efficacité de la résistance que la masse de la montagne oppose aux efforts de la puissance mécanique qu'elle renferme dans son intérieur, et par les idées auxquelles il semble conduire sur l'origine d'une partie de la saillie que cette montagne nous présente aujourd'hui. Le changement de niveau relatif dont j'ai parlé montre en effet

que l'Etna ne repose pas sur des fondements inébranlables, et que les segments dans lesquels les fentes méridiennes le divisent, sont susceptibles d'un certain jeu.

Le jeu que les segments de l'Etna ont subi par suite de l'*étoilement* que la montagne a éprouvé en 1832, a-t-il été en somme totale un affaissement ou un soulèvement? Des mesures de hauteur seraient ici d'un grand secours, si jamais il était possible de leur donner la précision suffisante. Mais, à leur défaut, il me semble que la question peut être résolue par un raisonnement assez simple. Lorsque la montagne s'étoile ainsi qu'il vient d'être dit, les parois des fentes s'écartent d'une quantité plus ou moins grande, et qu'on a vue quelquefois s'élever à plus de deux mètres. Les parois des fentes s'écartant, il est évident que la surface de la montagne subit un agrandissement, et si on se représente attentivement la position respective des masses solides que les fentes dont il s'agit séparent les unes des autres, on verra immédiatement que l'écartement des parois de ces fentes suppose nécessairement une tuméfaction, un soulèvement de tout le système; on verra même qu'il existe nécessairement, entre la quantité de ce soulèvement et les dimensions des fentes en longueur et en largeur, une relation géométrique, dont une expression approximative pourrait faci-

lement se déduire de l'une des formules que nous avons données, M. Dufrenoy et moi, dans notre mémoire sur les groupes du Cantal et du Mont-Dore. La quantité du soulèvement serait évidemment très-petite, mais sa seule existence est un fait important.

Nous ne possédons encore, sur aucune des éruptions de l'Etna, les données nécessaires pour effectuer à cet égard un calcul numérique positif; mais il est aisé de s'assurer qu'il ne faudrait pas supposer, aux fentes qui se répètent ainsi à des intervalles plus ou moins rapprochés, des dimensions moyennes très-considérables pour qu'il fût vrai de dire que de nos jours et sous nos yeux l'*Etna croît par soulèvement* d'une manière appréciable. C'est cette considération qui m'a déjà fait insister ci-dessus sur l'opportunité de la remarque de M. Boussingault, qui, dans son mémoire sur le Chimborazo, exprimait le vœu que la hauteur des grands cônes volcaniques, et de l'Etna en particulier, fût de nouveau mesurée à de certains intervalles d'une manière rigoureuse. Ici, ce ne serait pas la hauteur éminemment variable des bords du cratère qu'il s'agirait de constater, mais celle de quelque repère fixe, comme, par exemple, les fondements de la *Torre-del-Filosofo* ou le plancher de la *casa Inglese*.

Les variations de hauteur que l'Etna peut éprou-

ver en *s'étoilant* méritent d'autant plus d'être prises en considération, que, quelque petites qu'elles soient, pourvu qu'elles ne soient pas tout à fait insensibles, elles surpasseront toutes les variations durables que la gibbosité centrale de la montagne peut éprouver par l'effet de la suraddition graduelle des produits des éruptions. En effet, nous avons vu ci-dessus que, depuis l'antiquité jusqu'à nos jours, ces produits ne se sont pas accumulés à la hauteur de deux mètres autour des fondations de la Torre-del-Filosofo, et il est de fait que la fente qui, lors de l'éruption de 1832, a été passer à peu de distance de ce petit monument, a produit d'un seul coup, sur le relief de cette partie du Piano-del-Lago, un effet presque aussi considérable et peut-être même plus grand que l'effet accumulé de toutes les déjections opérées depuis 2000 ans.

De là, il résulte qu'une éruption de l'Etna peut être considérée comme un phénomène de soulèvement, précédé et accompagné de violentes secousses, et suivi de l'exhalation d'une grande quantité de fluides élastiques, de l'éjection de matières incohérentes, et de l'émission de matières fondues qui coulent sur ses flancs sous forme de laves. L'émission des laves est ce qui frappe le plus les yeux; mais peut-être le soulèvement opéré à chaque éruption est-il le phénomène le plus

important; du moins serait-il nécessaire de recourir à des mesures exactes avant d'oser affirmer qu'il ne contribue pas plus efficacement que l'émission des matières répandues sur la surface, à l'accroissement de la protubérance volcanique ou au moins de la gibbosité centrale.

Les remarques que je viens de présenter sont tellement contraires à l'idée qu'on se fait généralement de la stabilité des fondements d'une montagne telle que l'Etna, qu'elles ne manqueront pas de paraître pour le moins hasardées. Il me semble cependant qu'il suffit de quelques instants de réflexion pour sentir qu'elles ne sont ni impossibles ni même improbables. Les fentes dont j'ai parlé, et le soulèvement qui écarte leurs parois, se produisent lorsque les agents intérieurs qui occasionnent les éruptions, commencent à se mettre en jeu et à déboucher leur cheminée obstruée: ce doit être évidemment le moment de la plus grande énergie de ces agents encore comprimés. Or, la puissance mécanique de ces agents reste encore immense pendant tout le cours de l'éruption, puisqu'elle suffit pour élever une colonne de lave fondue depuis le foyer volcanique situé sans doute beaucoup au-dessous du niveau de la mer, jusqu'à la cime de l'Etna élevée de 3,300 mètres. La pression exercée sur sa base par cette colonne de lave liquide, ne doit pas être inférieure à celle

qu'exercent sur une base égale, les matières dont l'Etna se compose, car on ne peut supposer que la densité de la lave incandescente comprimée, soit sensiblement inférieure à la densité moyenne des laves fendillées, des scories poreuses et des autres matières dont l'entassement constitue la montagne. On conçoit d'après cela que, si les laves sortant du foyer volcanique ne trouvaient pas une cheminée prête à leur donner issue, elles pourraient se répandre dans les fissures des roches avec lesquelles elles se trouveraient en contact, et y produire une sorte de presse hydraulique, dont la pression, telle que nous venons de la calculer, se trouverait correspondre au poids de la masse super-incombente, et n'aurait à surmonter que la faible cohésion de cette même masse pour la soulever en entier.

Ainsi, par cela seul que les agents intérieurs qui existent au-dessous de l'Etna, élèvent les laves jusqu'à sa cime, il est prouvé que ces mêmes agents peuvent soulever les parois même de la cheminée volcanique. On pourrait même concevoir que l'élévation de la montagne toute entière ou pour mieux dire, de la gibbosité centrale, ait été produite par ces mêmes agents ou par des agents du même ordre; et, quelque gigantesque qu'un pareil effet puisse nous paraître, ce ne serait que dans l'examen de la structure même de

cette masse qu'on pourrait trouver la preuve que rien de pareil n'a eu lieu.

Le chapitre suivant sera consacré à l'examen dont il s'agit, et aux conséquences qu'on peut en déduire.

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION DU NOYAU DE LA GIBBOSITÉ CENTRALE DE L'ETNA; DISCUSSION DU MODE DE FORMATION QUI PEUT LUI ÊTRE ATTRIBUÉ.

L'étude du manteau de déjections modernes qui recouvre en grande partie le massif de l'Etna, nous a conduit à reconnaître que ces déjections ne forment qu'une très-petite partie de sa gibbosité centrale, et que la discontinuité éminemment caractéristique qui existe entre le profil de cette gibbosité et celui des talus latéraux de la montagne, ne peut être attribuée qu'à la préexistence d'un noyau antérieur aux produits modernes. La question de l'origine du mont Etna se réduit donc à celle de l'origine de ce noyau préexistant. Il s'agit maintenant d'étudier ce grand monument naturel au milieu des produits récents qui l'enveloppent en partie, à peu près comme on recherche l'origine d'une ville moderne dans les ruines d'un vieux château-fort, autour duquel les constructions se sont groupées d'âge en âge.

Dans une ville dont l'origine remonte à une haute antiquité, les édifices anciens et modernes sont ordinairement construits avec des matériaux

semblables, et ne se distinguent que par le style de leur architecture, par la coupe et la pose des pierres, tirées toutes successivement à peu près des mêmes carrières. Il en est presque exactement de même du noyau préexistant de l'Etna comparé aux déjections modernes, dont les éruptions de l'époque actuelle l'ont en partie recouvert.

J'ai déjà signalé la difficulté de distinguer ces deux classes de roches, surtout si on n'avait à comparer que des échantillons de collection. En effet, les unes et les autres sont également composées de feldspath labrador, de pyroxène et de péridot, et ne diffèrent que par des nuances dans l'état cristallin ou dans la couleur de ces éléments, et dans la structure des masses. Ainsi, dans les produits anciens, la couleur de la pâte au lieu de tirer sur le noir, est souvent d'un gris clair ou d'une légère teinte brune, et cette pâte est en même temps plus fine, plus homogène et plus compacte. L'aspect des cristaux empâtés de labrador et de pyroxène présente aussi quelques différences.

Les nuances qui distinguent ces deux classes de produits, sont donc en réalité très-faibles; mais quelque légères qu'elles puissent paraître, elles impriment cependant aux masses, surtout lorsqu'on les observe en grand et dans leur ensemble, des caractères très-marqués, qui n'ont pu échap-

per à aucun observateur attentif, et depuis longtemps le chanoine Recupero et l'abbé Ferrara ont distingué les produits anciens et les produits modernes, et ont spéculé plus ou moins heureusement sur les causes des différences qui les leur faisaient distinguer.

M. Mario Gemellaro, dans les renseignements qu'il m'a communiqués, avec toute la complaisance qui le caractérise, pour diriger mes courses, m'a parfaitement indiqué que la masse centrale de l'Etna se compose de deux cônes qui s'emboîtent l'un dans l'autre, l'un intérieur, formé des produits anciens, l'autre extérieur, formé des produits modernes superposés aux anciens. Il a même ajouté que ces deux cônes n'ont pas le même axe, que le cône formé des produits anciens a son axe un peu à l'Est du cône formé par les produits modernes, d'où il suit que les deux cônes ne s'embrassent pas complétement, que le cône moderne ne recouvre pas complétement le cône ancien, et que les produits anciens se trouvent exposés au jour dans toute la partie orientale de la montagne, c'est-à-dire particulièrement dans les escarpements du Val-del-Bove.

Ces escarpements, dont j'ai déjà indiqué ci-dessus la disposition, se composent de plusieurs centaines d'assises parfaitement régulières, formées alternativement de roches de fusion, qui,

ainsi que je viens de le rappeler, ressemblent jusqu'à un certain point aux laves de l'Etna moderne; et de matières fragmentaires ou pulvérulentes, qui forment entre les assises de roches de fusion, d'autres assises plus ou moins solidement agrégées. L'épaisseur de ces diverses assises varie d'un demi-mètre à plusieurs mètres, et peut être évaluée moyennement à un peu moins de deux mètres, de sorte que, dans une hauteur de deux cents mètres, on en compte ordinairement plus de cent. Les assises de matières fondues sont généralement un peu plus minces que les assises fragmentaires, la plupart ont moins d'un mètre de puissance, cependant il n'y a rien de constant à cet égard, on peut en compter un grand nombre dont la puissance va à deux ou trois mètres.

Les surfaces de ces dernières assises sont rugueuses et comme boursouflées, et leurs parties extérieures sont pénétrées d'un grand nombre de cellules jusqu'à 20 ou 30 centimètres des surfaces supérieure et inférieure de chaque assise. De là il résulte que les assises qui n'ont que 50 à 60 centimètres de puissance, sont celluleuses dans toute leur hauteur, tandis que celles dont l'épaisseur est de plusieurs mètres présentent dans leur milieu des parties tout à fait exemptes de cellules, et d'une texture analogue à celle de certains trachytes, ce qui les a même fait qualifier de trachytes

par plusieurs observateurs, qui n'avaient pas remarqué qu'au lieu du feldspath orthose qui est essentiel aux trachytes, on ne trouve ici que du feldspath labrador, et qu'au lieu d'amphibole on ne trouve presque jamais que du pyroxène.

Quant aux assises composées de matières fragmentaires, ce sont de véritables tufs, exactement comparables, quant à leur structure, aux tufs trachytiques du Cantal et du Mont Dore. Les pièces dont ces tufs se composent sont formées des mêmes éléments que les assises de roche de fusion, et sont tantôt scoriacées, et tantôt plus ou moins compactes. La grosseur de ces pièces varie d'une assise à l'autre; tantôt ce sont de véritables cendres, tantôt des lapilli, tantôt des fragments anguleux dont le diamètre atteint quelquefois 50 centimètres.

Au contact des assises de matières fondues on voit ces tufs s'engrener et se lier avec les aspérités scoriacées de ces dernières, exactement comme on voit dans les escarpements de la Cour, au Mont Dore, les tufs trachytiques s'attacher aux aspérités scoriacées des assises de trachyte solide. La finesse des parties constituantes de quelques-unes de ces assises de tuf va quelquefois jusqu'à une consistance argileuse; il y en a qui paraissent avoir un ciment plus ou moins ferrugineux : leur couleur, généralement grisâtre, se

nuance quelquefois de diverses manières : de là la possibilité d'y faire différentes distinctions minéralogiques dans le détail desquelles il ne m'est pas nécessaire d'entrer.

La manière d'être générale de ces assises alternantes m'a constamment rappelé celle des assises de tufs et de trachytes qui constituent les escarpements de la montagne de Peyratre dans le Cantal, et ceux de la Cour, au Mont Dore. Seulement les assises sont ici plus nombreuses, plus minces et plus régulières ; et non-seulement chaque assise prise en masse est régulière et exempte de renflements et d'étranglements, mais chacune d'elles se compose souvent de plusieurs zones parallèles, parfaitement régulières, qui, dans les assises de matières fondues, se distinguent les unes des autres par la quantité variable des cellules, ou par des nuances dans la teinte et le grain de la pâte, circonstances que je n'ai guère vues se reproduire avec autant de régularité que dans les filons que je décrirai ci-après. En général, tout annonce dans ces assises une matière sortie de la terre dans un état de fluidité parfaite, qui, par suite de cette fluidité, s'est étendue en couches minces, et qui une fois étendue s'est solidifiée sans aucun mouvement, et avec le même calme que les parties qui se sont arrêtées dans les ouvertures des filons.

Mais ce qui frappe surtout au premier aspect des escarpements du Val-del-Bove, c'est de voir que ces assises, dont les allures régulières et continues ne sont jamais dérangées que sur de faibles étendues par le croisement des filons ou d'autres circonstances accidentelles, forment souvent toutes ensemble des ondulations qui rappellent celles des couches sédimentaires dans les hautes chaînes de montagnes, sans que leur parallélisme, ni par conséquent leur épaisseur, en soient jamais altérés.

Lorsqu'on se place sur les bords du petit cratère d'éruption situé à l'extrémité septentrionale du Serre-del-Solfrzio, on voit un bel exemple de ce fait dans l'escarpement méridional de la *Schiena dell'Asino*, dont les couches, en s'étendant dans l'escarpement septentrional du *Valle-del-Leone*, s'abaissent légèrement vers l'ouest, tandis que du côté opposé elles se recourbent de manière à plonger toutes ensemble vers le petit cône d'éruption formé en 1811, sous un angle qui finit par atteindre et par dépasser 27°.

La partie de l'escarpement septentrional du Val-del-Bove, nommée *il Poyo*, présente un autre fait du même genre, et on le voit se reproduire encore à la porta de Callana, où les assises peu inclinées du Monte Zoccolaro viennent plonger

toutes ensemble vers la mer sous un angle qui atteint aussi 26 à 27°.

Mais cette absence de toute variation dans les allures générales de l'ensemble des assises dont il s'agit, m'a surtout vivement frappé chaque fois que j'ai eu occasion de promener mes regards sur l'ensemble des escarpements du Val-del-Bove, soit des bords du grand cratère, soit de la crête du Serre-del-Solfizio, soit des différents points de la route que j'ai suivie pendant une journée entière pour descendre du Piano-del-Lago à la *Porta de Callana*, soit enfin des points extérieurs d'où j'ai essayé de dessiner les contours du cirque.

Ainsi du point où j'ai pris le croquis de la *Pl. IV*, au-dessous de Zaffarana, je voyais en face de moi les escarpements du Serre-del-Solfizio, où les assises sont presque horizontales, et sur ma droite ceux du flanc septentrional du Val-del-Bove, où elles plongent en masse de 25 à 30°, et il m'était impossible de saisir entre les ensembles de ces deux masses de couches la plus légère différence. Quelques jours après me trouvant à six heures du matin sur le pont d'Alcantara, j'embrassais dans leur ensemble, comme le figure la *Pl. V*, tous les contours du Val-del-Bove éclairés par les rayons du soleil levant, à travers une atmosphère douée de toute la transparence du matin. Les escarpements de tout le flanc méridional

taires qui alternent pour former le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna m'a paru consister en ce qu'*elles sont sujettes à s'infléchir toutes ensemble, en passant dans plusieurs directions diverses, d'une position à peu près horizontale à une inclinaison de 25 à 30°, sans que leur structure ni leur épaisseur en soient altérées d'une manière constante.*

Les assises que je viens de décrire ne constituent pas absolument à elles seules les escarpements qui circonscrivent le Val-del-Bove. Elles sont coupées par un nombre immense de filons tantôt perpendiculaires, tantôt plus ou moins obliques par rapport aux couches, et qui, moins ébouleux que ces dernières, restent quelquefois en saillie en avant des escarpements, comme les restes de pans de murailles gigantesques.

Ces filons sont eux-mêmes composés de roches de fusion analogues à celles qui constituent une partie des couches. J'ai cru seulement remarquer que la pâte de la roche des filons est plus sujette que celle des couches à présenter une teinte sombre et presque noire. Comme les couches, les filons présentent une texture bulleuse près de leurs parois, et une texture compacte dans la partie centrale. Quelquefois on remarque près des parois plusieurs bandes alternatives de parties scoriacées et compactes. Souvent ces filons présentent une

division prismatique plus ou moins régulière perpendiculairement à leurs parois. Leur puissance est variable ; un grand nombre n'ont que 2 ou 3 mètres, quelques-uns même seulement 60 centimètres de puissance, un petit nombre sont plus épais. La répartition de ces filons dans les escarpements du Val-del-Bove est assez inégale ; on en voit surtout un grand nombre dans les parties des escarpements les plus rapprochées de la partie aujourd'hui la plus saillante de la gibbosité centrale, particulièrement dans les escarpements du Serre-del-Solfizio, et leur nombre m'a paru augmenter en général, à mesure que l'on considère des parties des escarpements de plus en plus enfoncées en-dessous de la surface du massif des déjections anciennes.

Une partie du Serre-del-Solfizio, qui en est surtout criblée, doit probablement à cette circonstance une solidité plus grande que le reste, et forme une crête saillante nommée *rocca del Solfizio*.

Une autre partie du Serre-del-Solfizio forme une seconde crête saillante nommée *rocca Giannicola*, qui doit aussi son existence aux filons, mais d'une autre manière. Le pied de la rocca Giannicola est formé par un filon très-puissant de lave ancienne, d'un gris-brunâtre clair, et d'une pâte compacte, analogue à celle des assises les plus épaisses. Ce

gros filon, dont la puissance dépasse 50 mètres, est déchiré par un ravin qui le met parfaitement à découvert. On trouve des fragments de lave ancienne enveloppés dans sa pâte, ainsi que des fragments d'un très-beau diorite renfermant de grands cristaux d'amphibole, qui sont les seuls que j'aie trouvés dans tout le massif de l'Etna. Ce gros filon est coupé par des filons de 50 centimètres à 1 ou 2 mètres de puissance d'une lave noire, un peu scoriacée, présentant parallèlement à leurs parois des bandes plus ou moins bulleuses. Ils se divisent en prismes perpendiculairement à leurs parois, et ils se bifurquent quelquefois en deux branches qui se réunissent ensuite en enveloppant de grands lambeaux de la roche encaissante.

L'intersection des filons les uns par les autres est un fait très-fréquent dans les escarpements du Val-del-Bove. Souvent même un filon qui en traverse un autre le rejette, ce qui prouve qu'ils ne sont pas tous de la même date. Ils rejettent aussi assez souvent les assises qu'ils traversent; ce qui achève de montrer que ces filons ne sont que des fentes qui ont été remplies de matières fondues.

Quelques-uns s'élèvent depuis le pied des escarpements jusqu'à la partie supérieure; d'autres se terminent à telle ou telle hauteur, ou s'articulent et se fondent avec l'une des assises de fusion.

dont ils forment comme la racine et dont ils indiquent l'origine.

En effet les fentes que ces filons ont remplies ont été suivant toute apparence les orifices successifs par lesquels se sont épanchées les assises de matières fondues.

Les filons ne se dirigent pas entièrement au hasard; mais au milieu des oscillations que présentent leurs directions, on remarque une tendance à courir vers l'E.-N.-E. Cette tendance vers une direction uniforme montre qu'ils ne convergent pas vers un centre commun, comme le font nécessairement aujourd'hui les filons de lave qui, à chaque grande éruption, doivent se former dans les fentes qui déchirent le massif de l'Etna, suivant un ou plusieurs de ses méridiens, ou du moins s'ils convergeaient vers un centre commun, ce centre serait certainement bien en dehors de la gibbosité centrale. Cette circonstance est très-importante; car elle annonce qu'à ces époques anciennes le massif volcanique n'avait pas comme aujourd'hui, dans l'intérieur de l'espace occupé par la gibbosité centrale, un centre fixe et déterminé. Dans tous les volcans permanents qui présentent une cheminée fixe, les fractures qui donnent naissance aux éruptions latérales se font constamment suivant des plans verticaux qui passent à peu près par cette cheminée; le fait que les

filons du *Val-del-Bove* ne convergent pas vers un point situé dans l'intérieur du massif, semble donc indiquer qu'à l'époque de leur formation il n'existait pas encore sur l'emplacement de l'Etna de cheminée permanente. On peut de plus remarquer que la direction et la distribution de ces mêmes filons n'offrent aucune relation directe avec la forme conique, à peu près régulière, que présenterait le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna si tous les vides en étaient remplis, de sorte qu'on ne voit pas pourquoi les matières épanchées par les ouvertures de ces filons se seraient accumulées de manière à produire un pareil cône. Nous sommes ainsi conduits à chercher ailleurs que dans les éruptions dont ces filons ont été les canaux, l'explication de la forme du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna.

Les parois qui circonscrivent le Val-del-Bove présentant presque de toutes parts des escarpements où la roche est *coupée au vif*, il est incontestable que ce vaste cirque doit son existence à l'enlèvement d'une masse énorme de matières qui en occupaient l'emplacement, du moins en grande partie.

Le premier problème à résoudre consisterait à savoir comment cette matière a disparu. Sa disparition ne peut être attribuée à l'action érosive des agents atmosphériques actuels; car le Val-del-

Bove ne présente aucun cours d'eau; les eaux de la pluie et de la fonte des neiges s'échappent à travers les couches de cendres et de scories qui entrent dans la composition de la montagne, comme à travers un filtre naturel, sans entraîner au dehors la plus petite quantité de matière insoluble; et par conséquent, dans l'état actuel des choses, le Val-del-Bove ne continue pas à s'approfondir, mais tend bien plutôt au contraire à se combler et à s'effacer par l'éboulement de ses flancs. Ainsi quelque reculée qu'on puisse supposer l'origine de l'Etna, ce n'est pas à l'action des agents atmosphériques que l'échancrure du Val-del-Bove peut être attribuée : et d'ailleurs quel motif plausible pourrait-on assigner à l'étrange caprice par lequel ces agents n'auraient échancré qu'une seule arête du cône, et précisément *la moins inclinée de toutes?*

Il serait moins aisé de réfuter la supposition que la matière qui manque dans le Val-del-Bove aurait été entraînée par quelque catastrophe diluvienne; cependant on conçoit difficilement comment un courant diluvien aurait pu avoir assez de prise sur le cône isolé de l'Etna pour y produire une si large entaille; comment il n'en aurait produit qu'une seule; comment il lui aurait donné une forme presque circulaire, et comment il en aurait si peu ébréché les parois.

La disposition cratériforme du Val-del-Bove pourrait donner l'idée de le considérer comme un ancien cratère; mais ses dimensions surpassent tellement celles des plus grands cratères volcaniques actuellement brûlants, qu'une simple ressemblance de forme n'autorise réellement pas la supposition d'un cratère aussi démesuré.

On se trouve donc naturellement conduit à considérer l'évidement du Val-del-Bove comme une indication de quelque grande convulsion à laquelle aurait été soumise la masse de déjections anciennes qui constitue le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna.

La première fois que j'ai aperçu le Val-del-Bove, c'était en accompagnant M. de Buch sur le bord de l'escarpement du Solfizio. De là, comme je l'ai déjà dit précédemment, nos regards plongeaient dans ce vaste amphithéâtre, et en embrassaient tout le contour. Le premier mot de M. de Buch fut qu'il lui rappelait la vallée de *Taoro*, qui est située dans l'île de Ténériffe, en dehors du grand cirque, dont le pic occupe le centre.

M. de Buch a même consigné son opinion à cet égard dans les lignes suivantes de l'édition française de son ouvrage sur les îles Canaries : « Le Val-del-Bove rappelle d'une manière frap- » pante l'enfoncement du Val de Taoro, au pied » du pic de Ténériffe, et il est très-vraisemblable

» qu'il doit son origine à une circonstance ana-
» logue, c'est-à-dire à un affaissement du flanc
» du volcan; mais, quoique de grandeur considé-
» rable, cet affaissement ne change que très-lé-
» gèrement le contour général et la forme régu-
» lière du volcan (1). »

L'application de cette idée d'enfoncement au Val-del-Bove, suggérée ainsi à l'improviste à M. de Buch par le premier aspect des localités, s'était déjà présentée à M. Buckland et à M. Lyell, qui avant nous avaient visité le Val-del-Bove, et qui peut-être avaient été les premiers à appeler sur ce magnifique amphithéâtre tout le degré d'attention qu'il mérite. Cette opinion est aussi, je crois, celle de M. Carlo Gemellaro.

M. Lyell a même rappelé à cette occasion que des effondrements de ce genre ne sont pas sans exemple dans l'histoire des volcans, et il a rapproché celui auquel il attribue l'origine du Val-del-Bove de l'écroulement du volcan de Papandayang dans l'île de Java, qui, en 1772, s'abîma avec 40 villages bâtis sur ses flancs, et fut remplacé par un lac de plusieurs milles de diamètre, et par

(1) *Description physique des îles Canaries*, suivie d'une indication des principaux volcans du globe; par M. Léopold de Buch; traduit de l'allemand par M. Boulanger. Paris, F.-G. Levrault, 1836.

conséquent d'une grandeur comparable à celle du Val-del-Bove. En 1638, le volcan du pic dans les Moluques, qui était visible d'une distance de 30 milles, s'était aussi éboulé, et avait été remplacé par un lac. On peut ajouter à ces deux exemples celui du Carguairazo, qui rivalisait de hauteur avec le Chimborazo, dont il était voisin, et qui s'écroula le 19 juillet 1698, et celui du Capac-Urcu, situé également dans les andes de Quito, et qui, plus élevé encore que le Carguairazo, s'était éboulé de même peu de temps avant la conquête de l'Amérique par les Espagnols. On peut rappeler en outre que, d'après les remarques de Bouguer sur la petitesse de la déviation que le Chimborazo fait éprouver au fil-à-plomb, il y a lieu de présumer qu'il est creux, et qu'un jour il pourra aussi s'affaisser, comme ont fait les deux cimes jadis rivales de la sienne.

On peut également citer diverses montagnes non volcaniques, dont des portions plus ou moins considérables se sont écroulées à la suite de tremblements de terre et ont été remplacées par des lacs, notamment à la Jamaïque dans le tremblement de terre de 1692. On a même vu, dans des tremblements de terre, des terrains plats, auparavant couverts de villages, s'enfoncer et faire place à des lacs. Un nouveau phénomène de ce genre est mentionné parmi les désastres arrivés

aux environs de Kaisarieh (l'ancienne Césarée de Cappadoce) au mois d'août 1835. Le village de Kometzi fut, dit-on, englouti et remplacé par un vaste lac (1).

Bien plus anciennement, l'an 285 avant J.-C., le grand lac de *Mitsou-oumi* ou Biva-no-oumi, dans l'île de Nifon, au Japon, se forma dans une seule nuit, par un immense éboulement, au moment où le *Fousi-no-yama*, qui est la plus haute montagne du Japon, s'éleva du sein de la terre (2).

Les analogies tirées de ces *faits historiques* se trouvent encore corroborées par la facilité avec laquelle s'expliquent les formes nettes et régulières des cratères-lacs de l'Eiffel, tels que les lacs de *Laach*, de *Meerfeld*, de *Gillenfeld*, de *Daun*, d'*Uelmen*, etc., et des cratères-lacs de l'Auvergne, tels que le lac *Paven*, lorsqu'on admet l'existence de cavités intérieures dans lesquelles la matière qui manque aujourd'hui dans le centre vide de ces cirques a pu s'enfoncer.

Mais plus je suis frappé de la justesse et je dirai

---

(1) Voyez dans les comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences, tome I, p. 231, la lettre de M. Charles Texier à M. Arago.

(2) Voyez les notes et additions jointes aux fragments asiatiques de M. de Humboldt, tome I, page 223, par M. Klaproth, d'après divers auteurs chinois et japonais.

même de la lucidité de ces rapprochements, plus je crois nécessaire d'appeler l'attention sur un second ordre de faits qui sert naturellement de contrôle aux conclusions qu'on peut tirer des premiers.

La possibilité de supposer dans l'intérieur des volcans de Quito et de l'île de Java l'existence d'immenses cavités constamment vides, ne peut pas être généralisée arbitrairement. Ces volcans ne se prêtent en effet à la supposition dont il s'agit, qu'en raison de la forme particulière de leurs éruptions, qui ne produisent jamais que des substances gazeuses, des cendres et des scories, sans qu'on y voie jamais aucune colonne de lave s'élever jusqu'à la surface. Mais l'Etna, dans lequel presque à chaque éruption on voit les laves sortir par le cratère ou par les flancs, n'est pas dans le même cas, et on ne pourrait admettre l'existence d'une vaste cavité dans le trajet de la cheminée principale qu'autant qu'on supposerait qu'à chaque éruption la lave commence par la remplir, avant de s'élever jusqu'à la superficie de la montagne.

Or l'ancien appareil volcanique qui a vomi la masse de déjections dans laquelle le Val-del-Bove est évidé, s'est trouvé précisément à cet égard dans le même cas que l'Etna moderne. Nous avons vu en effet que ce massif de déjections était tra-

versé par une multitude de filons dont chacun résulte d'une fente remplie de matières en fusion venues de l'intérieur du globe.

Ces fentes, au fur et à mesure de leur formation, doivent avoir abouti inférieurement, non à un espace vide, mais à un réservoir rempli de lave dans lequel aucun éboulement ne pouvait se faire, du moins pendant que la lave s'y trouvait.

On pourrait dire à la vérité que le réservoir de ce liquide intérieur pouvait être très-vaste, pouvait être susceptible de se vider, pouvait être assez voisin de la surface pour causer en se vidant l'éboulement de cette dernière. Mais si ce réservoir était si vaste et si voisin de la surface, si le massif de roche solide qui en formait en quelque sorte le couvercle était dans le cas de se fendre très-fréquemment dans toute son épaisseur, si dans ce réservoir il s'exerçait une pression hydrostatique capable de faire monter les roches fondues jusqu'à la surface chaque fois qu'il se faisait une fente, si le liquide incandescent pouvait entrer dans ce réservoir et en sortir, n'aurait-il pas été possible que ce même liquide, dans une de ses oscillations, eût commencé par soulever la surface elle-même, et cette supposition ne serait-elle pas propre à rendre compte à la fois et de la forme tuméfiée du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna, et de

la formation du Val-del-Bove par voie d'éboulement?

Cette même supposition, appliquée aux cratères-lacs de l'Eiffel, n'expliquerait-elle pas à la fois comment des cirques d'effondrement ont pu se produire dans un terrain que des colonnes de matières fondues avaient traversé de toutes parts, et avoir lieu de préférence vers les points culminants de ce même terrain?

Déjà dans un autre mémoire j'ai essayé de montrer que la forme circulaire de la crête principale des montagnes de l'Oisans peut être expliquée par une supposition toute semblable (1).

Je suis également porté à penser que l'origine des crêtes circulaires que présente en si grand nombre la surface de la lune, et dans lesquelles M. Herschel croit avoir distingué les traces d'une stratification volcanique, crêtes dont j'ai signalé la ressemblance avec certains groupes circulaires de nos montagnes terrestres, pourrait aussi s'expliquer par quelque hypothèse analogue (2).

---

(1) Voyez Mémoires de la société d'histoire naturelle de Paris, t. V, p. 15. Voyez aussi la seconde édition du même mémoire, Annales des mines, 3e série, t. V, p. 33, et Mémoires pour servir à une description géologique de la France, tome II, p. 375.

(2) Voyez la note jointe à la première édition de mon mémoire sur les montagnes de l'Oisans dans le tome V des

Mais le mémoire actuel s'appliquant spécialement à l'Etna, je ne pousserai pas plus loin une discussion que je ne pourrais terminer sans me livrer à une longue digression sur tous les cirques d'une forme simple et régulière, auxquels un phénomène d'écroulement paraît avoir donné la dernière main. Ce que j'ai dit ci-dessus me paraît suffire pour montrer qu'en ce qui concerne le Val-del-Bove, l'hypothèse infiniment probable, qui attribue à un écroulement une grande partie du vide qu'il nous présente, conduit naturellement à examiner la question de savoir si les parois qui le circonscrivent ne présenteraient pas la trace d'un soulèvement préalable; si les roches qui constituent les bords de l'espace écroulé se trouvent encore dans leur position originaire, ou bien si la saillie, que ces mêmes bords présentent au-dessus des terrains qui les entourent extérieurement, ne serait pas l'effet d'un soulèvement; en un mot, si le cône en partie éboulé, dont les restes forment le contour du Val-del-Bove, et tout le noyau de

---

Mémoires de la société d'histoire naturelle de Paris, p. 16. Voyez aussi une note que j'ai publiée dans les Annales des sciences naturelles, t. XXII, p. 88, *sur les rapports qui existent entre le relief du sol de l'île de Ceylan, et celui de certaines masses de montagnes qu'on aperçoit sur la surface de la lune.*

la gibbosité centrale de l'Etna, est un cône d'éruption formé de matières fondues et incohérentes, entassées dans leur position actuelle, ou si c'est au contraire un cône de soulèvement, formé d'assises entassées primitivement dans une position peu inclinée, et relevées avant l'effondrement qui a définitivement façonné le vide intérieur du grand cirque.

Dans le troisième chapitre de ce mémoire j'ai déjà signalé divers motifs qui me paraissaient devoir faire présumer que le noyau intérieur de la gibbosité centrale de l'Etna n'a pas été produit par la simple accumulation de déjections entassées les unes sur les autres dans leur position actuelle. J'ai puisé principalement ces motifs, d'une part, dans la saillie rapide du noyau de la gibbosité centrale, saillie qui contraste si fortement avec les pentes douces des talus latéraux sur lesquels s'accumulent principalement aujourd'hui les déjections volcaniques; et de l'autre, dans l'absence de toute relation entre la disposition des filons, qui marquent les points de sortie des déjections anciennes, et la forme conique de la masse que ces déjections composent.

Mais je n'ai présenté ces faits que d'une manière générale, et pour ainsi dire en bloc, en m'attachant à faire ressortir les traits généraux du massif volcanique qui en sont la consé-

quence, et en indiquant les inductions auxquels leur observation conduit. Peut-être, en effet, les traits généraux auxquels je me suis d'abord arrêté sont-ils ce qu'il y a de plus frappant et de plus décisif pour un observateur qui les a sous les yeux. Cependant, l'analyse des circonstances, dont ces traits généraux sont les conséquences, et de celles qui les accompagnent, pourrait, de son côté, avoir pour le lecteur quelque chose de plus démonstratif.

Cette analyse donne lieu en effet à différentes remarques qui permettent de remonter au mode de formation du massif de la gibbosité centrale de l'Etna, par la seule application des principes les plus simples de la physique et de la mécanique, et qui conduisent d'après six considérations à peu près indépendantes les unes des autres, et que je vais présenter successivement, à résoudre en faveur de *l'hypothèse du soulèvement*, le problème de l'origine première de cette montagne célèbre.

1° Attachons-nous d'abord aux filons décrits précédemment p. 131, et dont on trouve d'excellentes représentations dans le 3e vol. de la 4e édit. des *Principes of geology* de M. Lyell, p. 441 à 444, et dans la pl. 10 fig. 3 de l'ouvrage de M.H. Abich, intitulé : *Vues illustratives de quelques phénomènes géologiques prises sur le Vésuve et l'Etna.*

Parmi ces filons il en est un certain nombre qui s'élèvent jusqu'à la crête des escarpements du cirque. Leur existence dans cette position élevée, prouve à elle seule qu'à l'époque de leur formation, les assises qu'ils traversent étaient loin de former comme aujourd'hui une gibbosité saillante ; car en supposant même que le cirque ne fût pas évidé, une fente, qui traverserait la gibbosité centrale, couperait nécessairement la convexité extérieure de cette gibbosité, suivant une ligne très-éloignée de l'horizontale, par le point le plus bas de laquelle la matière fondue trouverait un écoulement latéral, comme cela se voit aujourd'hui dans toutes celles des éruptions dans lesquelles le massif de l'Etna se fend, suivant un de ses méridiens. On remarque en effet que, dans ce cas, la lave s'écoule par l'extrémité inférieure de l'intersection de la fente avec la surface du massif, et que la partie supérieure de la fente reste vide après l'éruption, comme on en a des exemples dans la grotte *dei Palombi*, près de Nicolosi, découverte et rendue accessible par M. Mario Gemellaro, et dans plusieurs autres du même genre, ainsi que dans les fentes qui se sont formées en 1832, à travers le piano del Lago.

2° Le seul fait de la grande largeur, que présentent transversalement les nappes de laves anciennes, tend à prouver que celles, dont l'incli-

naison est considérable, n'ont pas coulé sur la pente actuelle, car, sur une pareille pente, les fentes qui ont donné naissance aux filons, quelles que soient leur longueur et leur direction, auraient présenté, comme je viens de le dire, des bords très-inégalement élevés, par le point le plus bas desquels la lave aurait exclusivement coulé, en formant une traînée étroite suivant la ligne de plus grande pente, comme cela a lieu constamment dans celles des éruptions latérales actuelles, qui se font sur des pentes considérables.

3° Ceux des filons du Val-del-Bove, qui ne s'élèvent pas jusqu'à la cime des escarpements, mais qui s'y terminent, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, à une hauteur plus ou moins grande, en s'articulant avec les assises de lave, donnent lieu à une autre remarque qui conduit par une troisième voie à une conclusion analogue. Ces filons ont été, sans aucun doute, les orifices par lesquels se sont épanchées les assises de laves, auxquelles on les voit souvent s'unir, et à chacune desquelles il est probable qu'un ou plusieurs filons viennent s'arrêter. Or, si l'émission de ces laves avait eu lieu lorsque les assises avaient leur position actuelle, la lave de chaque filon n'aurait pu s'étendre qu'au-dessous de son ouverture, sans jamais monter au-dessus, et par conséquent chaque filon, en s'articulant avec une

couche inclinée, ne ferait que se couder comme la barre supérieure d'un F, au lieu de s'étendre de part et d'autre comme celle d'un T. Cette disposition, si elle était générale, ferait que le nombre des assises de laves, serait beaucoup plus grand dans la partie des escarpements, la plus éloignée de l'axe de la montagne, que dans la partie qui en est la plus voisine. De là il résulterait nécessairement que les assises supérieures des escarpements iraient en s'éloignant des inférieures dans le sens de la pente générale du système, et qu'il y aurait entre les unes et les autres un défaut marqué de parallélisme. Cependant quoique l'œil soit un instrument très-sensible, si non pour mesurer, du moins pour reconnaître un défaut de parallélisme entre deux lignes peu éloignées, je n'ai pu en apercevoir la moindre trace dans aucune partie des escarpements du Val-del-Bove. J'y ai trouvé des points, où les couches présentaient quelques perturbations locales; mais nulle part je n'ai observé que les plans des couches supérieures allassent en s'écartant d'une manière constante de ceux des couches inférieures. Or, si cet écartement n'a pas lieu, il faut que la lave sortie par les filons se soit étendue indifféremment de part et d'autre du point de sortie, ce qui suppose une horizontalité primitive, à peu près exacte, dans l'ensemble de ces surfaces, dont une

partie est aujourd'hui si sensiblement inclinée.

4° Le parallélisme général que conservent, dans toutes les positions, les assises du Val-del-Bove, et qui constitue un des traits les plus frappants du facies général de ces escarpements, ne peut avoir lieu qu'autant que les assises de matières fragmentaires ou pulvérulentes, plus ou moins agglutinées, qui forment plus de la moitié de la hauteur totale du système, conservent, aussi bien que les assises de matières fondues, des épaisseurs à peu près constantes. La finesse des éléments, dont un grand nombre de ces assises sont composées, et la forme anguleuse des fragments qui se trouvent en abondance dans quelques unes d'entre elles, conduit à les considérer comme le résultat des déjections de cendres et de lapilli, qui ont dû accompagner les éruptions des laves sorties par les ouvertures des filons.

On concevrait aisément que des matières de cette nature, tombant en pluie sur une surface unie et peu inclinée, y produisissent une assise d'une épaisseur à peu près uniforme sur une certaine étendue; mais si la surface, sur laquelle cette pluie de cendres aurait été reçue, avait présenté des inclinaisons considérables, par exemple de 25 à 30°, le fait général d'une pareille uniformité ne pourrait plus se concevoir.

En effet, pourquoi les cônes de scories ou de cen-

dres, produits par les éruptions volcaniques, présentent-ils généralement des arêtes rectilignes d'une si grande régularité? Cela tient uniquement à ce que les matières incohérentes, qui tombent sur les flancs de ces cônes pendant leur formation, ne peuvent jamais s'y maintenir que lorsque l'inclinaison des arêtes est au-dessous d'une certaine limite, et à ce que tout ce qui tend à porter l'inclinaison au delà de cette limite, tombe de soi-même au bas de la pente qui se forme. Or, la limite dont il s'agit n'a en elle-même rien de constant. On trouve des cônes d'éruption, tous également réguliers, dont les arêtes varient dans leur inclinaison de 18° à 36 ou 40°. Cette variation tient en grande partie à la grosseur, à la densité, à l'inégalité, à l'hétérogénéité des matières incohérentes, dont la chute autour d'un certain point a donné naissance au cône, et probablement aussi à la violence plus ou moins grande de leur chute.

Les matières dont sont composées les assises fragmentaires du Val-del-Bove variant considérablement d'une couche à l'autre, et parcourant à cet égard toute l'échelle des variations possibles, le degré de violence de leur chute ne pouvant manquer d'avoir lui-même varié d'une éruption à l'autre, il est certain qu'il doit s'en être trouvé un grand nombre qui n'auraient pu se maintenir

avec un talus par exemple de 27°. Ces matières venant à tomber sur une surface inclinée de 27°, auraient roulé en partie vers le bas de la pente, où elles se seraient accumulées sur une épaisseur plus ou moins grande, tandis que sur la pente elle-même il ne serait presque rien resté, ou que du moins les parties moyennes et supérieures de la pente n'auraient pu rester couvertes d'une certaine épaisseur de matières accumulées, que lorsque la partie inférieure aurait été enterrée sous une épaisseur beaucoup plus grande de ces mêmes matières; de là, un défaut d'uniformité dans l'épaisseur de la couche produite, qui, dans certaines positions, serait devenu extrêmement frappant.

Dans le fragment de panorama (*Pl. V*), la masse entière des assises, qui forment le flanc septentrional du Val-del-Bove, se présente avec une inclinaison générale apparente de 23°; et, eu égard à la position dans laquelle je me trouvais, par rapport à la direction de leur ligne de plus grande pente, cette inclinaison apparente doit être inférieure à la pente réelle qui dépasse certainement 27°. Le nombre des assises incohérentes, dans l'escarpement dont il s'agit, est de plus de cent, elles sont sensiblement planes et remarquablement parallèles et uniformes dans leurs épaisseurs. Or, il est certainement impossible qu'un long talus incliné de 27° ait été re-

chargé plus de cent fois de cendres et de lapilli, sans que la pente de 27° se soit quelquefois trouvée trop rapide pour empêcher ces matières de glisser plus ou moins, et sans qu'il se soit produit de temps à autre des couches plus épaisses vers le bas que vers le haut. Le talus étant très-long, le plus léger défaut de parallélisme, entre les deux surfaces de l'une des assises, donnerait une très-grande épaisseur à la partie de cette assise formée sur la partie inférieure du talus, et la ferait sortir de beaucoup des étroites limites entre lesquelles varie l'épaisseur des couches du Val-del-Bove. Un très-petit nombre d'assises, affectées de cette irrégularité, suffirait pour altérer cet aspect général d'uniformité que présentent les escarpements, et pour rendre dans leur ensemble les assises supérieures sensiblement moins inclinées que les inférieures.

Le cône du Vésuve présente sur une hauteur verticale de près de 500 mètres des pentes rectilignes inclinées de 30 à 35°, et formées presque en entier de cendres et de lapilli incohérents qui sont rechargés de nouvelles matières du même genre à chaque nouvelle éruption. Mais si d'une part il paraît certain que l'inclinaison des arêtes du cône du Vésuve n'a pu varier depuis un très-grand nombre d'années qu'entre les étroites limites de 30 à 35°, d'un autre côté rien ne permettait d'as-

surer que l'inclinaison de chaque arête en particulier n'a pas varié d'une éruption à une autre dans les limites dont il s'agit; personne ne peut donc assurer que sur le cône du Vésuve il n'existe pas une inclinaison de 32° là où l'inclinaison était il y a cent ans de 33° *et vice versâ*, changement qui n'aurait pu se faire que par l'addition d'une série de couches qui aurait eu à l'une de ses extrémités 16 mètres d'épaisseur de plus qu'à l'autre. Il paraît assez vraisemblable, par exemple, que la grande pluie de cendres que le Vésuve a versées sur ses flancs en 1822 a diminué à elle seule d'une certaine quantité l'inclinaison de quelques-unes de ces arêtes, et il suffirait que cette diminution eût été pour quelques-unes de 30′, quantité presque insensible à l'œil, pour que la couche formée présentât à l'une des extrémités de ces arêtes un renflement dont on trouverait difficilement un exemple dans les escarpements du Val-del-Bove.

Si les déjections incohérentes qui ont produit une partie des assises du Val-del-Bove s'étaient stratifiées par couches uniformes sur des pentes variables, s'élevant quelquefois à 25 ou 30°, elles auraient agi d'une manière bien différente de ce qui se passe sur l'Etna moderne, car, ainsi que je l'ai déjà dit, les déjections modernes ont laissé à découvert les crêtes des deux bras de la gibbosité centrale qui embrassent le Val-del-Bove; celles de

ces déjections qui sont tombées sur leur surface ont été entraînées dans les ravins, dont elles dessinent le fond par des traînées noires, ou même jusqu'au pied des pentes extérieures contre lesquelles elles sont restées appuyées, en formant des talus moins inclinés que ne le sont les assises de la gibbosité centrale, comme pour montrer, par un contraste établi sur le lieu même, combien peu les assises dont il s'agit auraient pu se former dans leur position actuelle.

Une circonstance, plus frappante encore que celles dont je viens de rendre compte, se serait produite dans le cas où les matières incohérentes seraient tombées sur une surface à contours arrondis. En effet, on observe aujourd'hui que les cônes d'éruption, régularisés, comme je l'ai dit ci-dessus, par le glissement des matières, s'élèvent toujours d'une manière brusque au milieu même des surfaces couvertes de cendres et de lapilli, de sorte qu'une section, passant par la bouche d'éruption, présente toujours au pied du cône une ligne *brusquement brisée*. Or, si les assises de laves, sur lesquelles se sont entassées les matières incohérentes, avaient présenté alors comme aujourd'hui des ondulations qui fissent passer leur inclinaison par une courbure continue de 0 à 27°, le glissement dont j'ai parlé se serait fréquemment produit sur les parties les plus fortement inclinées, et il aurait fait

naître un talus rectiligne qui se serait arrêté brusquement, et avec un angle bien prononcé, à la rencontre d'une partie moins inclinée de la surface sur laquelle le glissement aurait cessé d'être possible. Le talus rectiligne aurait ainsi coupé sous forme de corde un certain arc de la courbe formée par le profil de l'assise de lave qui lui aurait servi de support. De là serait résulté, entre la surface inférieure et la surface supérieure de l'assise incohérente, un de ces contrastes de forme que l'œil ne manque jamais de saisir. Or, je n'ai jamais aperçu un contraste pareil, j'ai au contraire été frappé constamment du parallélisme et de l'uniformité que les assises du Val-del-Bove conservent dans toutes les positions, aussi bien lorsqu'elles se recourbent rapidement, comme cela s'observe, par exemple, dans la face méridionale de la Schiena-dell'-Asino, que lorsqu'elles présentent sur de grandes étendues un profil rectiligne.

La régularité des assises curvilignes, que présentent les escarpements du Val-del-Bove, a d'autant plus droit de frapper un observateur attentif et de le faire réfléchir sur l'origine probable de leur courbure actuelle, que les amas de matières incohérentes qu'on voit se former sur la surface de l'Etna ou des autres massifs volcaniques, présentent le plus souvent des pentes remarquablement uniformes et rectilignes sur de grandes étendues.

Les formes simples et élégantes du cône supérieur du Vésuve, de celui de l'Etna, du pic de Ténériffe et de la plupart des volcans actifs, celles des innombrables cônes parasites qui couvrent les flancs de ces volcans, sont à la fois les effets et les preuves de cette tendance à produire les profils rectilignes, par suite de laquelle la forme d'un cône tronqué est devenue en quelque sorte l'emblème de la volcanicité.

La pente faible et régulière des talus latéraux de l'Etna, celle du Piano-del-Lago, celle que présente souvent le terre-plein de la troncature supérieure du Vésuve, attestent aussi une tendance à la production d'autres talus également rectilignes, mais d'une inclinaison moins considérable.

La manière nette et tranchée dont les cônes parasites de l'Etna se détachent des talus latéraux, dont le cône supérieur du Vésuve se détache du talus des *piane* et de *l'atrio del cavallo* qui l'entourent de toutes parts, dont le petit cône, qui se forme souvent autour de la bouche d'éruption du Vésuve, se détache de la surface légèrement inclinée qui remplit le fond du cratère, la faiblesse et la rareté des raccordements de ces deux ordres de talus, tous ces exemples montrent que la nature a une tendance très-marquée à produire, par l'amoncellement des matières incohérentes, des talus rectilignes dont l'inclinaison se rapproche, suivant les

circonstances, de certaines limites déterminées, mais qu'elle en a peu à les raccorder par des courbures continues.

L'inclinaison des talus latéraux de l'Etna n'est guère que le quart de celle des cônes de scories, ce qui suppose, dans la production des deux espèces de talus, la prépondérance de mécanismes très-différents dont l'examen va déjà vérifier en partie ce que j'ai avancé dans le chapitre premier de ce mémoire (T. IX, p. 180), que *la faiblesse de la plus grande partie des pentes de l'Etna, complétement analysée, serait déjà presque une théorie.*

Les mécanismes dont il s'agit, en tant qu'ils s'exercent sur des matières refroidies, n'ont rien qui soit spécial aux montagnes volcaniques; leur influence s'observe partout où s'accumulent des matières incohérentes; seulement, lorsque l'accumulation s'effectue sous les eaux, un troisième mécanisme, d'une influence encore plus générale, vient presque toujours modifier l'influence des deux premiers.

L'observation montre en effet que les talus, auxquels donne journellement naissance l'entassement des matières incohérentes qui se trouvent livrées sur la surface du globe aux caprices des éléments, peuvent être divisées en trois classes qui correspondent à l'action indépendante de chacun

de ces trois mécanismes. Malgré l'existence de nombreux intermédiaires qui, dans une classification complète de tous les talus observables, ne permettraient pas d'établir entre ces trois classes des lignes de démarcation parfaitement tranchées, il est cependant certain qu'*elles correspondent à trois groupes principaux*, que je proposerai d'appeler : Talus d'Éboulement, talus d'Entraînement, talus de Balancement.

Les *Talus d'Eboulement* sont ceux que forment de nombreux fragments d'une forme et d'une grosseur quelconque, tombant pêle-mêle les uns sur les autres : tels sont ceux des cônes scories formés par les éruptions volcaniques.

Les *Talus d'Entraînement* sont ceux dans la production desquels la dispersion des fragments et leur répartition sur une large base sont facilitées par l'action d'un courant d'eau. Les talus latéraux de l'Etna, que les eaux de tous les orages et de toutes les fontes de neige survenues depuis un grand nombre de siècles ont contribué à façonner, appartiennent à cette classe.

Les *Talus de Balancement* sont ceux pour la production desquels la dispersion des matières incohérentes et leur dissémination sur une large surface sont facilitées par les mouvements intérieurs d'une grande masse d'eau qui, balancée elle-même par les vents ou les courants, leur im-

prime en sens divers, et pendant longtemps, une sorte de mouvement oscillatoire ou de va-et-vient.

Les deux premières classes de talus sont à peu près les seules qui concourent à la production des montagnes volcaniques. M. J. Yates, dans un mémoire sur les dépôts d'alluvion lu à la société géologique de Londres, en novembre 1830 (1), les a distinguées sous les noms de *cône aigu* et de *cône obtus*. J'ai cherché à faire connaître plus exactement les limites dans lesquelles ces pentes sont susceptibles de varier, en en consignant un grand nombre d'exemples dans les tableaux n°s 2 et 3. (*V.* les tableaux placés à la fin du Mémoire).

On verra, dans le tableau n° 2, que les talus formés par éboulement forment en général avec l'horizon des angles de moins de 42°; je crois que ces angles ne doivent presque jamais atteindre 45°, ils n'ont quelquefois que 18°, et peut-être moins encore.

Les inclinaisons des talus formés par la neige, sur les montagnes où elle séjourne longtemps, sont généralement à peu près du même ordre que celles des talus d'éboulement, ainsi qu'on peut le voir par les indications contenues dans le tableau n° 4; mais les pentes des glaciers sont souvent beaucoup plus faibles.

---

(1) Voyez *Edinburg new phil. Journal*, T. XI, p. 1.

On peut juger, par l'inspection des tableaux 2 et 4, que l'inclinaison des talus d'éboulement dépend de la forme des fragments et des circonstances de leur chute beaucoup plus que de leur pesanteur spécifique, puisque la limite ordinaire de l'inclinaison des talus formés des *lapilli les plus légers* ou même de *neige* ne dépasse pas la limite des talus formés de fragments de granite, de trachyte, de calcaire, ou de minerai de fer; puisqu'une halde, formée de fragments de fer spathique, de baryte sulfatée, de blende, de pyrites, n'a pas une autre forme qu'une halde formée de fragments de quartz. De là il résulte que pour une forme donnée des fragments, la limite des talus d'éboulement formés sous une eau tranquille est la même que celle des talus formés à l'air libre.

Mais je n'ai pas à m'occuper, relativement à mon objet actuel, de l'inclinaison des talus qui peuvent se former par éboulement sous les eaux, car rien n'annonce que les déjections anciennes, dont les flancs du Val-del-Bove se composent, aient été entassées sous les eaux. D'ailleurs l'accumulation sous-marine de ces déjections ne pourrait être soutenue que par des personnes qui admettraient d'avance que le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna doit sa forme actuelle à un soulèvement, puisqu'il est aujourd'hui prouvé que pendant la période récente durant laquelle ces matières se

sont amassées, le niveau de la mer ne pouvait s'élever à 3,000^{m} au-dessus de son niveau actuel.

On verra dans le tableau n° 3 que les talus formés par entraînement, généralement beaucoup moins inclinés que les talus par éboulement, aux dépens desquels ils se forment souvent, présentent presque toujours des pentes de moins de 10°. Ils passent aux talus de balancement lorsque leur pente est assez douce pour que les eaux prennent sur leur surface un cours très-tranquille, mais pour cela il faut que leur pente soit presque insensible, c'est-à-dire d'un petit nombre de minutes, à moins cependant que leur extrémité inférieure ne soit plongée dans une eau stagnante.

Il n'y a pas lieu de discuter ici, si, comme rien d'ailleurs ne l'indique, les assises dont nous recherchons l'origine, auraient été formées par agitation réitérée sous les eaux, car dans ce cas, leur position première aurait été presque horizontale, et leur inclinaison actuelle sous des angles de 25 à 30°, serait évidemment l'effet d'un soulèvement (1).

---

(1) Les *talus de balancement* ne concourent guère à la production des montagnes volcaniques, de sorte que je n'ai pas à m'en occuper ici ; je dirai seulement, puisque l'occasion s'en présente, que ces talus sont ceux dont l'examen intéresse le plus particulièrement l'étude des terrains de

Peut-être quelques personnes seront-elles surprises de la faiblesse des pentes inscrites dans les tableaux n° 2, 3 et 4, mais je dois faire remarquer que lorsqu'il s'agit d'évaluer des pentes, tous les observateurs, qui ne se servent pas d'instruments, subissent souvent à leur insu l'influence d'une illusion d'optique qui les leur fait

---

sédiment, parce que ce sont les seuls sur lesquels il se produise des couches uniformes et alternatives de matières diverses *très-étendues dans tous les sens*, comme le sont celles des terrains régulièrement stratifiés.

On s'entendrait beaucoup plus aisément sur l'origine des dépôts sédimentaires, si on s'attachait davantage à distinguer par des termes précis cette stratification d'ensemble, constamment parallèle à elle-même, produite par des dépôts qui se sont recouverts l'un l'autre à d'assez longs intervalles, de cette stratification de détail dont le parallélisme n'est que fortuit, et qui résulte de l'entassement rapide de dépôts journaliers; on pourrait convenir d'affecter le mot *couche* au premier cas, et le mot *strate* au second.

En voyant d'après les tableaux annexés à ce mémoire que l'inclinaison de 45° est, à peu près la dernière limite de celles que peuvent prendre des débris entassés, on pourrait être tenté d'en conclure que l'inclinaison de 45° peut être adoptee comme la limite de celles suivant lesquelles peuvent se produire aujourd'hui des dépôts régulièrement stratifiés. Mais se borner à une pareille limite serait rétrograder vers l'enfance de ce genre de connaissances. Stenon, en 1669, était déjà beaucoup plus avancé. Il savait qu'un dépôt limoneux qui se dépose au fond de l'eau, s'y conduit comme un fluide, plus pesant que l'eau, et que de l'eau qui s'agite même très-faiblement sur un

juger plus rapides qu'elles ne sont réellement; illusion qui, par sa constance et son irrésistibilité, peut être comparée à celle qui nous fait paraître les disques du soleil et de la lune plus larges lorsqu'ils sont près de l'horizon que lorsqu'ils sont près du méridien. Afin de donner un moyen simple et usuel de combattre cette illusion, j'ai joint à ce mémoire, dans le tableau n° 1, la valeur numérique d'un grand nombre de pentes, dont les unes ou les autres se rencontrent habituellement presque partout, ou bien avec lesquelles l'imagination est ordinairement familiarisée.

Les données assez nombreuses contenues dans les tableaux n°s 2 et 3 montrent que si les talus par éboulement et par entraînement tendent à se fixer entre des limites de 26 à 36° dans le premier

---

fond couvert de parcelles détachées, ne manque jamais d'en combler à la longue toutes les inégalités; qu'il est rare qu'elle permette à des parcelles détachées de stationner longtemps sur un fond sensiblement incliné. On peut aujourd'hui vérifier sur les cartes marines que les dépôts formés par les rivières à leurs embouchures dans la mer, présentent des surfaces presque rigoureusement horizontales, et que même dans des mers profondes et où les eaux ont peu de mouvement, comme la mer Noire et la Méditerranée, des inclinaisons de plus d'un demi-degré ne s'observent dans des surfaces ainsi formées que dans des cas exceptionnels et très-rares. J'ai réuni sur cet objet d'assez nombreux documents, dont j'ai fait usage dans mes leçons de géologie, et que je publierai ultérieurement.

cas, et inférieure à 10° dans le second, leurs pentes n'ont cependant rien de rigoureusement constant; de manière qu'il n'y a pas de raison pour qu'un premier talus rechargé d'une nouvelle assise de matières incohérentes, reprenne une seconde fois la même pente et pour que l'épaisseur de la couche formée soit uniforme. Cette remarque jointe à celle de la rectilignité habituelle des talus de l'une et de l'autre classe me paraît propre à faire bien apprécier tout ce que présente de remarquable l'uniformité d'épaisseur et l'exact parallélisme que conservent au milieu d'inflexions variées et de pentes souvent rapides, les assises de matières fragmentaires qui se dessinent dans les escarpements du Val-del-Bove.

Mais si les pentes de chacune des deux classes de talus susmentionnées ne sont pas invariables, elles ne sont cependant susceptibles de varier qu'entre des limites déterminées, et cette considération dispense d'entrer dans le détail numérique des inclinaisons, pour voir que la structure de la gibbosité centrale de l'Etna ne répond pas aux effets ordinaires de l'accumulation des matières incohérentes. Le fait que dans une certaine classe de circonstances la nature tend constamment à produire des pentes d'un certain ordre suffirait à lui seul pour faire soupçonner que le noyau intérieur de la gibbosité centrale de

l'Etna doit avoir été produit par soulèvement; s'il s'était formé par des déjections accumulées les unes sur les autres dans leur position actuelle, ses pentes extérieures, et les pentes de chacune de ses assises, sans être d'une égalité absolue, présenteraient cependant comme celles de tout cône d'éruption une certaine uniformité, tandis qu'elles présentent au contraire toutes les inclinaisons possibles depuis l'horizontalité presque complète jusqu'à plus de 30°.

On peut même dire que par cela seul que les surfaces des assises de matières fragmentaires qui entrent dans la composition de la gibbosité centrale de l'Etna présentent des pentes curvilignes, elles s'éloignent des talus à pentes essentiellement rectilignes que produisent journellement sur les flancs des volcans les accumulations de matières incohérentes, et elles rappellent l'effet habituel des soulèvements qui est, non-seulement d'incliner les couches, mais encore de les infléchir de manière à leur faire contracter quelquefois des courbures très-compliquées.

La manière dont se présentent à nos regards les assises fragmentaires qui viennent de nous occuper, conduit donc de son côté à conclure que ces assises ont dû se former d'abord, dans des positions à très-peu près horizontales, et ne doivent leurs inflexions et leurs inclinaisons actuelles, qu'à des

mouvements postérieurs à leur origine, ce qui s'accorde avec les résultats des différentes considérations que j'avais présentées précédemment, et de celles qui me restent encore à exposer.

5° Les matières solides fragmentaires ou pulvérulentes ne sont pas les seules qui auraient pu difficilement se stratifier d'une manière uniforme et régulière, sur des surfaces d'une inclinaison variable; il en aurait été de même des assises de matières fondues.

J'ai déjà eu occasion de rappeller ci-dessus que l'uniformité d'épaisseur que présentent généralement, sur de grandes longueurs, les assises qui constituent les flancs du Val-del-Bove, se soutient tout aussi bien dans les couches formées de roches de fusion que dans les couches incohérentes; de sorte que la variation de l'inclinaison ne leur fait éprouver, ni renflement, ni amincissement. Or, ce fait est diamétralement contraire à ce qui arrive de nos jours aux masses de matières fondues, qui se répandent sur les flancs des volcans.

Lorsqu'une section naturelle ou artificielle met à découvert une assise de lave qui s'est arrêtée sur un sol inégalement incliné, on la voit constamment s'amincir dans les parties très-inclinées, et se renfler dans celles qui le sont moins; je pourrais citer plusieurs exemples de cette circonstance,

que j'ai observée sur les flancs de l'Etna, mais je préfère indiquer ici ce qui s'observe à cet égard dans le *Fosso-grande*, qui est une déchirure du massif du Vésuve, dirigée du côté de Naples, et qu'on aperçoit de cette ville.

Le *Fosso-grande* est creusé dans les assises du tuf ponceux qui flanquent presque de toutes parts le massif du Vésuve ; mais son revers méridional est couronné par des assises de laves, qui doivent être sorties des flancs du Vésuve, avant que le Fosso-grande eût acquis sa largeur et sa profondeur actuelles, car elles ne s'y sont pas répandues. Le tuf, qui forme la base de ce revers méridional du Fosso-grande, est terminé supérieurement, par une surface anciennement ravinée, dont les contours sont assez brusquement ondulés. Sur ces tufs, qui ne s'élèvent guère à plus de 15 mètres dans leurs plus grandes saillies, s'étend une assise de 20 à 25 mètres, formée de plusieurs coulées de laves superposées ; ces laves se modèlent avec une étonnante fidélité sur les inégalités du tuf qui les supporte. Les coulées inférieures se renflent dans les plus petites dépressions du tuf, et s'amincissent sur les saillies, dont quelques-unes ont même complétement arrêté les coulées les plus anciennes. Dans les parties où les coulées sont horizontales, elles deviennent épaisses de 4 à 5 mètres, et grossiè-

rement prismatiques, de manière à rappeler, même aux yeux des guides, les laves des carrières de la Scala et du Granitello, qui, sorties du Vésuve en 1631, et en 1551, se sont arrêtées sur la plage du golfe de Naples, où elles se sont accumulées sur une épaisseur considérable, et refroidies tranquillement. Mais aussitôt que les coulées qui couronnent le flanc du Fosso-grande dépassent les limites des dépressions du tuf qui les ont obligées à stationner, elles reprennent la faible épaisseur qui correspond généralement aux pentes qu'elles atteignent alors, et qui sont de 5 à 6°.

L'absence de toute configuration de ce genre, dans les parties les plus ondulées des assises du Val-del-Bove, par exemple, dans l'escarpement méridional de la Schiena-del-Asino, et dans ceux du Poyo, et de la Porta de Callana, me paraît prouver d'une manière décisive que les ondulations dont il s'agit ont une origine postérieure à la consolidation des assises qui les constituent, et que par conséquent ces assises ont éprouvé, depuis leur consolidation, des mouvements considérables; conclusion identique avec celles auxquelles nous avaient conduit d'une autre manière les considérations présentées précédemment, et avec celle à laquelle va nous conduire encore le 6e et dernier ordre de considérations, qui nous reste à exposer.

6° L'uniformité que j'ai signalée dans les assises de matières fondues du Val-del-Bove, ne se réduit pas à l'absence d'étranglements, et de renflements, il se soutient dans tous les détails de leur structure, qu'on trouve toujours la même, soit qu'on les observe dans les parties où elles sont à peu près horizontales, comme dans l'escarpement du Serre-del-Salfizio, soit qu'on les suive dans les parties du Monte-Zoccolaro, où leur inclinaison augmente et diminue graduellement, soit enfin qu'on les examine dans les parties où leur inclinaison va jusqu'à 27°, comme dans la partie orientale de la Schiena-del-Asino, et dans le flanc nord du Val-del-Bove. Or, ce défaut de relation entre la structure des assises et la pente qu'elles affectent est un fait diamétralement contraire à ce qu'on observe aujourd'hui dans toutes les grandes coulées de lave, dont la forme varie constamment avec l'intensité de la pente.

Ce fait est d'autant plus important, que les couches, dans lesquelles il s'observe, sont à la fois très-nombreuses et très-étendues, que l'origine de toutes ces couches est évidemment identique, et qu'elles sont même, au moins en partie, le prolongement les unes des autres. On ne peut évidemment l'expliquer qu'en admettant qu'une partie au moins de ces couches, dont la ressemblance de forme contraste si fortement avec la

variabilité d'inclinaison, ne se trouvent plus aujourd'hui dans leur position originaire.

Désirant appuyer cette conclusion si importante pour la théorie de l'Etna, sur les bases les plus solides possible, je me suis livré à quelques recherches sur les relations qui existent entre la pente sur laquelle se répand une coulée de lave, et la structure que prennent les matières qu'elle laisse sur cette même pente. Il est facile de prévoir *à priori* la nature de cette relation; mais afin d'abréger, je ne reviendrai pas en ce moment sur les considérations que j'ai déjà présentées ailleurs à ce sujet (1), et je me bornerai à mettre sous les yeux du lecteur un tableau d'observations.

Seulement, pour qu'on ne se méprenne pas sur la nature des données, dont ce tableau se compose, je ferai remarquer que, pour faire, relativement aux formes que les matières fondues prennent sur diverses pentes, des observations qui puissent s'appliquer aux larges assises qui nous occupent, et surtout qui soient propres à donner à leur égard quelques limites numériques, il faut ex-

(1) *Sur quelques points de la question des cratères de soulèvement*, réponse à quelques objections élevées contre l'hypothèse du soulèvement du Cantal, *Bulletin de la société géologique de France*, t. IV, p. 225; et *Mémoires pour servir à une description géologique de la France*, t. III, p. 193.

clure tous les cas, où les matières fondues se sont épanchées en très-petite quantité; que par conséquent, il faut mettre de côté les observations relatives aux scories et aux laitiers des fourneaux, et même celles relatives aux coulées de lave très-peu abondantes, qui dans de très-petites éruptions coulent quelquefois en petits filets, et peuvent s'arrêter au milieu de leur course, sous forme de larmes ou même de stalactites.

Les lois de l'hydraulique n'ont pas été déduites de l'observation d'une goutte d'eau, coulant sur la surface verticale d'un carreau de vitre, et celles de l'écoulement de laves ne peuvent pas davantage se déduire d'une simple comparaison, avec une larme de cire coulant le long d'une bougie.

Les grandes coulées de lave doivent à leur grandeur même, qui leur permet de se répandre sur de vastes surfaces, et de ne perdre leur chaleur que dans un laps de temps très-long, un régime qui leur est propre. C'est ce *régime des grands fleuves de matières fondues*, que je me suis proposé de constater par un tableau d'observations.

Depuis que l'Europe a pris la forme qu'elle nous présente aujourd'hui, de vastes coulées de laves ne s'y sont répandues que dans cinq contrées différentes, savoir : le massif de l'Etna, les environs de Naples, l'Auvergne, les bords du Rhin et l'Islande. Les îles Canaries, mieux con-

nues aujourd'hui que beaucoup de parties de l'Europe, ont aussi vu des coulées de lave s'étendre sur plusieurs parties de leur surface. Dans les quatre premières de ces contrées, j'ai examiné par moi-même un grand nombre de ces coulées de lave, dont le volume est assez grand pour être comparé à un fleuve. Sur l'Etna, aux environs de Naples et sur les bords du Rhin, j'ai mesuré directement, au moyen d'un sextant et d'un vase rempli de mercure (1), les pentes de

(1) J'indiquerai ici le procédé que j'ai l'habitude d'employer pour ces sortes de mesures, parce qu'étant simple et facile il pourrait éviter à beaucoup de personnes des soins inutiles. Je place sur le bord du sextant, derrière le miroir fixe, un petit morceau de papier blanc percé d'une ouverture étroite qui correspond à l'axe de la lunette, dont l'instrument est pourvu. Sur la face extérieure du petit morceau de papier est tracée une ligne noire dirigée perpendiculairement au plan du cercle gradué, et interrompue seulement par la petite ouverture dont j'ai parlé, et au milieu de laquelle cette même ligne noire répond. Je verse du mercure dans un vase, de manière à ce qu'il forme une goutte assez large pour présenter une surface plane et horizontale d'une certaine étendue. Je place alors le sextant au-dessus du mercure en tournant la lunette verticalement, et je cherche à apercevoir dans le mercure l'image réfléchie de la ligne noire que porte le papier. Lorsque j'y suis parvenu, je suis certain que le rayon visuel, dirigé de l'image de la ligne noire dans le mercure à son image dans mon œil, ne peut s'écarter de la verticale qu'en raison de ce que cette ligne n'est pas sans épaisseur, et de ce que l'ouverture faite dans

toutes les grandes coulées, qui ne se sont pas trouvées recouvertes par des déjections postérieures. Dans l'Auvergne, que je n'ai pas visitée aussi récemment, j'ai déduit les pentes de la plupart des grandes coulées de leur longueur mesurée sur la carte de Desmarest, et de la différence de hauteur de leurs extrémités déterminée par M. Ramond. Pour les îles Canaries, je me suis servi des données publiées par M. de Buch, dans sa description physique de ces îles, déjà citée plus haut. Quant à l'Islande, je n'ai pu avoir jusqu'à présent que des données imparfaites, qui m'ont cependant fourni une limite assez remarquable.

Par les moyens que je viens d'indiquer, j'ai réuni 68 mesures de pentes de grandes coulées, nombre assez considérable, sans doute, pour que

---

le papier a une largeur sensible; mais ces deux sources d'erreur peuvent très-aisément être atténuées, de manière à ce que le maximum de leur effet possible soit nécessairement au-dessous d'une minute. Étant une fois sûr de la verticalité du rayon visuel qui part de l'image de la ligne noire réfléchie dans le mercure, je n'ai plus qu'à amener l'image d'un objet quelconque, réfléchie sur le miroir mobile, à coïncider avec celle de la ligne noire, pour avoir sur le limbe de l'instrument l'angle compris entre la verticale et une ligne menée du centre de l'instrument à l'objet dont il s'agit, objet qui peut être un point éloigné de la surface d'une coulée de lave, d'un glacier, d'une route, d'une rivière, etc.

la loi qu'il s'agit de découvrir se trouve écrite dans leur ensemble. J'ai réuni ces 68 mesures en un tableau dans lequel je les ai rangées par ordre de grandeur, en notant en même temps la manière d'être de la coulée, à laquelle chacune des mesures se rapporte. (*Voyez* tableau n° 5 à la fin du mémoire.)

En construisant le tableau, j'ai eu lieu de remarquer que les inclinaisons des coulées des volcans éteints de l'Auvergne et des bords du Rhin, y sont entremêlées comme au hasard, avec celles des coulées sorties de l'Etna et du Vésuve, circonstance qui mérite peut-être d'être notée, comme offrant une vérification nouvelle de la ressemblance complète, à certains égards, de ceux des volcans modernes et des volcans anciens qui ont produit des coulées de lave.

Le contenu du tableau dont il s'agit peut être résumé ainsi qu'il suit :

Toutes les grandes coulées de lave, même celles qui sont sorties des régions supérieures de l'Etna, et à plus forte raison celles qui sont sorties de montagnes moins élevées, ont réussi à atteindre, avant de perdre leur fluidité, les terrains peu inclinés situés au bas des montagnes. C'est sur ces terrains presque plats, ou bien au bord de la mer, que leur mouvement s'est arrêté, et aucune d'elles n'a laissé une fraction considéra-

ble de la matière qui la composait, sur des pentes inclinées de plus de 7 à 8°.

Lorsque le mouvement de ces *grands fleuves* de laves a commencé sur des pentes rapides, de 18 à 40°, par exemple, il a présenté trois régimes successifs.

Dans la première partie du mouvement, la pente étant considérable, la lave a ruisselé torrentiellement, et les parties qui se sont refroidies à la surface n'ont formé que des lopins irréguliers, qui, après l'écoulement de la lave, sont restés sur le terrain, sous la forme d'une couche de scories à peu près incohérentes.

Plus bas le fleuve de lave a rencontré des pentes moins rapides, il a perdu de sa vitesse, et alors a commencé pour lui un régime nouveau; il s'est revêtu, par l'effet du refroidissement, d'une écorce, dont la partie extérieure a fini par acquérir une rigidité complète, tandis que la partie tournée vers l'intérieur n'était encore que dans cet état pâteux et malléable, par lequel les laves passent, avant de se solidifier complétement. Cette écorce en partie malléable opposait un obstacle au mouvement de la lave, et même elle formait souvent une espèce de grand sac, que la lave était obligée de déchirer ou d'allonger pour pouvoir avancer. Une lutte s'est alors établie entre la lave liquide qui tendait à s'écouler et l'écorce

qui tendait à la retenir ou à l'entraver ; et de cette lutte sont résultées les contorsions que présentent ordinairement les laves, qui sont restées en nappes continues sur des pentes un peu prononcées. C'est à cette lutte qu'est due l'âpreté des coulées qui couvrent des pentes un peu sensibles, et qu'on désigne sous le nom de *cheires*. Les cheires les plus rugueuses, celles dont le désordre est le plus étonnant et qu'il est le plus difficile de traverser, sont celles qui se sont produites sur des pentes de 3 à 5°, apparemment parce que sur cette pente l'écorce de la lave pouvait déjà acquérir une assez grande épaisseur sans que la lave eût encore trop perdu de sa vitesse, de sorte que la lutte qui s'établissait entre ces deux éléments avait alors son maximum de violence.

L'écorce supérieure d'une coulée séparée de l'écorce inférieure et du sol sous-jacent par une certaine épaisseur de lave liquide ou au moins visqueuse, se trouve dans un état comparable à celui d'un glacier qui, ne pouvant adhérer au sol sous-jacent à cause de la fusion continuelle de sa couche inférieure, se trouve contraint à glisser. On verra, dans le tableau n° 4, que les plus grands glaciers des Alpes, dont j'ai mesuré la pente avec soin, glissent, sur des longueurs qui sont quelquefois de plusieurs lieues, suivant des pentes de 3 à 4° seulement.

Sur des pentes de moins de 3°, la lave perdant de sa vitesse, l'écorce a pris plus d'épaisseur, la résistance de cette dernière a pris le dessus, et la cheire a été moins tourmentée.

Mais lorsque la résistance de l'écorce a complétement triomphé, un troisième régime a commencé, la lave s'est alors arrêtée; quoique liquide encore, elle s'est refroidie sans se mouvoir, et elle a pris la forme basaltoïde que j'ai signalée en plusieurs points des bases de l'Etna, du Vésuve et des volcans de l'Auvergne. Pour arrêter ainsi la lave liquide il a fallu généralement que la pente fût de moins de 2°. On a même vu en Islande des laves très-abondantes couler rapidement et sur de grandes longueurs sur des pentes beaucoup plus faibles.

Les vallées de Skaptaa et du Hverfis-Fliot, qu'ont suivies les coulées qui se sont fait jour en 1783 au pied du Skaptar Jokul, en Islande, ne doivent pas avoir présenté des pentes générales de plus de 30′, et, comme il s'y trouvait des endroits rapides et même des cascades, il est évident que les laves dont il s'agit doivent y avoir coulé sur de grandes longueurs sur des pentes de moins de 20′. Mais ces laves, qui paraissent avoir été du nombre des plus abondantes dont l'histoire des volcans fasse mention, peuvent bien avoir été aussi du nombre de celles qui ont continué à

couler sur les pentes les plus faibles, et le tableau ci-joint montre que beaucoup de coulées très-considérables se sont effectivement arrêtées, faute de pouvoir couler, sur des pentes plus considérables.

Les personnes, à qui la mesure des pentes ne serait pas familière, pourraient peut-être s'étonner qu'un liquide visqueux comme la lave continue encore à couler sur des pentes de moins de 2°; mais leur étonnement cessera probablement aussitôt qu'on leur fera remarquer que les grands fleuves de l'Europe, dont la section transversale est moins étendue que celle des fleuves de lave en question, coulent presque torrentiellement toutes les fois que leur pente atteint seulement un quart de degré, et que, par conséquent, lorsqu'on est conduit à admettre qu'un fleuve de lave s'est arrêté de lui-même sur une pente d'un degré, par exemple, on fait par-là même une très-large part à l'effet de la viscosité des laves et aux obstacles que leur mouvement éprouve de la part de l'écorce qui les couvre et des scories qui les entourent.

Pour faciliter ce dernier rapprochement, j'ai joint à ce mémoire un tableau, dans lequel sont consignées les pentes d'un grand nombre de cours d'eau, pentes que j'ai mesurées moi-même, comme celles des laves, à l'aide d'un sextant et d'un vase rempli de mercure, ou que j'ai calcu-

lées d'après des nivellements exacts qui m'ont été communiqués par M. le baron de Prony, inspecteur général des ponts et chaussées, et par M. Dausse, ingénieur au même corps. (*Voyez* à la fin du mémoire le tableau n° 6.)

Ce qui arrive à un fleuve de lave qui sort des flancs d'un volcan ressemble beaucoup, en dernière analyse, à ce qui arriverait à un fleuve d'eau qui, par un temps excessivement froid, viendrait à sourdre sur les flancs inclinés d'une montagne, dont les pentes, en s'adoucissant graduellement, iraient se confondre avec une plaine. Sur les pentes les plus rapides qu'il parcourrait d'abord, le fleuve d'eau coulerait torrentiellement, et, malgré l'intensité du froid, il ne pourrait que charrier des glaçons, sans se couvrir d'une écorce de glace continue, parce que l'impétuosité de son mouvement briserait cette glace au fur et à mesure de sa formation; mais, arrivé sur des pentes plus douces, le fleuve d'eau perdrait de sa vitesse et se couvrirait d'une écorce de glace sous laquelle il continuerait à couler; enfin, parvenu dans la plaine, il formerait un lac qui, si le froid était suffisant, finirait par se geler en masse. Il y aurait cependant entre le mouvement du fleuve d'eau et celui d'un fleuve de lave deux différences essentielles : la première, c'est qu'à pente égale le fleuve d'eau serait beaucoup plus rapide que le fleuve

de lave, à cause de la plus grande mobilité des molécules de l'eau; et la seconde c'est que la lave, au lieu de passer subitement comme l'eau d'une liquidité parfaite à une rigidité complète, reste pendant un long intervalle de température dans un état mou et malléable, dans lequel elle forme un obstacle au mouvement des parties encore liquides, et dans lequel elle reçoit l'impression des efforts que les parties liquides exercent sur elle, à peu près comme la cire molle reçoit et conserve l'empreinte des doigts. Cette dernière propriété fait qu'on lit les circonstances du mouvement de la lave dans les matières solides qu'elle laisse sur les pentes avec beaucoup plus de facilité qu'on ne lirait celles du mouvement de l'eau dans les glaçons qu'elle aurait laissés sur la pente qu'elle aurait parcourue.

Ainsi on voit de fait, et on s'explique en même temps assez facilement, que la structure des roches, qu'*un large fleuve de lave* a laissées sur la surface du sol, *varie, suivant une certaine loi, avec la pente de ce même sol*; leur manière d'être est, pour ainsi dire, une *fonction de la pente*.

Peut-être pourrait-on être tenté d'atténuer la valeur des termes de comparaison que nous offre un tableau contenant 68 mesures de pentes de grandes coulées, en objectant que les assises de matières fondues qui entrent dans la composition

du massif du Val-del-Bove pourraient s'être étendues sous la mer; mais, d'une part, rien n'indique que ces assises aient pris naissance sous la mer, et, de l'autre, la production d'une pareille objection nous dispenserait de continuer la discussion, car la mer n'ayant pu séjourner à 3.000 mètres au-dessus de son niveau actuel pendant la période géologique récente durant laquelle les couches dont il s'agit se sont formées, cette supposition impliquerait à elle seule celle d'un soulèvement postérieur.

On ne peut donc arguer que les assises de laves qui entrent dans la composition des flancs du Val-del-Bove n'aient pas coulé à l'air libre; de plus elles présentent des dimensions horizontales comparables à celles des plus grandes coulées vomies par les volcans actuels; leur composition minéralogique est d'ailleurs presque identique avec celle des laves de l'Etna moderne; les lois déduites du tableau ci-dessus leur sont par conséquent applicables. On doit donc supposer que sur des pentes très-différentes les unes des autres, elles auraient contracté des structures très-différentes aussi, et puisqu'on voit que celles de ces assises qui sont presque horizontales, celles dont l'inclinaison augmente graduellement et celles même qui sont inclinées sur de grandes étendues de 27°, ont, en tous points, la même manière d'être, on est

fondé à conclure que la différence qui existe dans leurs positions actuelles est la conséquence d'un mouvement que les unes ou les autres ont éprouvé depuis l'époque de leur solidification.

Il ne reste plus qu'à savoir quelles sont celles de ces assises qui ont changé de position, celles qui sont horizontales ou bien celles qui sont inclinées. Or, le tableau que j'ai formé permet de résoudre immédiatement cette question.

En effet, ces assises, dont la manière d'être uniforme atteste qu'elles se sont toutes solidifiées sur des pentes sensiblement égales, ne se présentent jamais sous la forme de *cheires*, et se réduisent encore moins à de simples couches de scories détachées. L'écorce scoriacée, qui forme la partie supérieure de chaque assise du Val-del-Bove, est le plus souvent recouverte, soit par de simples lapilli, quelquefois très-fins, soit par un conglomérat de scories en fragments anguleux à la vérité, mais dont la grosseur est toujours peu considérable. Nulle part on ne trouve leur surface chargée de cette multitude de gros blocs, confusément entassés, souvent redressés verticalement, qui ont fait si justement comparer les cheires à des rivières qui charrient et finissent par se geler; nulle part on ne voit l'écorce supérieure de l'assise se briser, se froncer, se redresser verticalement, comme cela arrive si habituellement dans

les cheires; nulle part on ne voit la masse entière de l'assise s'arquer de manière à laisser au-dessous d'elle un vide susceptible de devenir une caverne, comme cela s'observe si habituellement dans les cheires de l'Etna et du Vésuve, partout où on peut en voir une section, notamment dans les tranchées des routes ouvertes récemment sur les flancs de l'Etna. Ces assises solides du Val-del-Bove ne ressemblent réellement qu'aux parties des coulées modernes qui se sont étendues sur des terrains presque plats, où leur mouvement est devenu très-lent et où elles se sont bientôt arrêtées d'elles-mêmes. Je n'en ai observé aucune qui, par la forme de sa section, m'ait paru comparable à une coulée qui aurait parcouru pendant longtemps une pente inclinée seulement de 3°.

Indépendamment de ces caractères relatifs à tous les points des assises formées de matières fondues, une des circonstances que les coulées de lave présentent le plus invariablement toutes les fois qu'elles ont parcouru des talus où elles pouvaient acquérir une certaine vitesse, caractères que j'ai observés sur toutes sortes de pentes depuis 33° jusqu'à 2°, et que je n'ai cessé d'observer que là où les coulées se sont arrêtées faute de pente, consiste en ce que chaque coulée est flanquée de part et d'autre par une digue de scories accumulées qui rappelle par sa forme la moraine d'un

glacier; digue qui s'élève constamment à une hauteur supérieure à celle à laquelle la coulée s'est réduite à la fin du mouvement, et qui marque le maximum de hauteur qu'elle a atteint dans le moment de son plus grand gonflement. Souvent aussi les coulées présentent de pareilles digues vers leur milieu, lorsqu'elles se sont partagées en plusieurs courants distincts coulant l'un à côté de l'autre. Ces digues ou bourrelets forment nécessairement un des traits distinctifs du profil d'une coulée qui a suivi un plan incliné. Or, avec quelque soin que j'aie promené ma lunette sur les milliers d'assises de lave si diversement inclinées, qu'on observe dans les escarpements du Val-del-Bove, je n'ai pas pu y découvrir une seule fois la plus légère trace d'une digue ou d'un bourrelet de cette nature, et de ce seul fait je croirais pouvoir conclure que les assises de matières fondues, dont le Val-del-Bove présente les tranches, ne se sont pas arrêtées faute de chaleur sur des pentes plus ou moins considérables, mais qu'elles se sont au contraire étendues et arrêtées très-chaudes et très-fluides encore, sur des pentes extrêmement faibles, inférieures à celles sur lesquelles les *cheires* se produisent de nos jours.

D'après cela, il est évident que celles de ces assises dont l'inclinaison originaire a changé sont celles qui sont aujourd'hui fortement inclinées,

et que celles qui sont presque horizontales, comme, par exemple, les couches qui forment l'escarpement du Serre-del-Solfizio ont au contraire conservé à peu près relativement à l'horizon leur position originaire.

Les considérations que je viens de développer concourent donc, avec les cinq autres classes de considérations discutées dans les paragraphes précédents, pour montrer que *les parties des assises des escarpements du Val-del-Bove, qui sont fortement inclinées, ne sont plus aujourd'hui dans la position dans laquelle elles se sont primitivement entassées.*

Ainsi je crois pouvoir regarder comme *prouvé* que les assises dont se compose le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna, ont été écartées de leur position initiale. Or, il est aisé de reconnaître que l'inclinaison qu'ont éprouvée quelques parties de ce système de couches n'a pas été un simple mouvement de tassement ou l'effet de dislocations partielles. Il suffit de jeter un coup d'œil sur les panoramas que j'ai dressés pour voir que ces inclinaisons présentent une disposition d'ensemble, indice évident d'une tuméfaction générale qui, en élevant tout le massif de la gibbosité centrale, a imprimé aux parties latérales un mouvement de bascule.

D'après cela on peut aisément se rendre compte

des principales circonstances de la formation du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna. Le sol, jadis à peu près plat, qui se trouve occupé aujourd'hui par cette gibbosité, s'est d'abord fendu à un grand nombre de reprises successives, suivant diverses lignes d'une direction presque constante. Par les fentes ainsi produites, sont sorties des matières fondues, dont la fluidité devait être complète, puisqu'elles s'épanchaient par des fentes de peu de largeur. Ces matières se sont répandues de part et d'autre de l'ouverture des fentes en nappes minces et uniformes, analogues aux nappes basaltiques qui, dans tant de contrées diverses et notamment en Islande, se sont superposées les unes aux autres en formant de vastes plateaux, dont la surface restait toujours à peu près horizontale par suite de la répartition sur un grand espace des lignes successives d'éruption. Ces éruptions étaient déjà accompagnées comme celles qui se produisent de nos jours de grands dégagements de fluides élastiques qui, sortant comme la lave elle-même par toute l'étendue des fentes, entraînaient avec eux des scories et des cendres. Ces scories et ces cendres, retombant en forme de pluie tant sur le bain de lave que sur les espaces environnants, produisaient ces assises uniformes de matières fragmentaires qui alternent avec les assises de matières fondues.

Mais un jour l'agent intérieur qui fendait si souvent le terrain, ayant sans doute déployé une énergie extraordinaire, l'a rompu et soulevé. *Dès lors l'Etna a été une montagne*, et un canal de communication entre l'intérieur du globe et l'atmosphère étant resté ouvert dans la partie la plus soulevée, cette montagne a été *un Volcan permanent*.

Auparavant il n'y avait encore eu, dans l'emplacement où il se trouve, qu'un groupe nombreux de *Volcans éphémères* répandus sur un terrain presque plat au milieu d'un pays calcaire, à peu près comme les puys de scories de l'Auvergne, dont chacun fut aussi dans l'origine un *Volcan éphémère*, se trouvent répandus sur leur plateau granitique, et comme les petits cônes de scories de l'Eifel se trouvent épars sur leurs collines siluriennes.

Le soulèvement ne paraît pas s'être opéré ici avec le même degré de simplicité que dans les localités où il a donné naissance à des cratères de soulèvement réguliers, tels que celui de l'île de Palma, ou les cirques de Ténériffe et de la Somma. L'effort qui a soulevé la gibbosité de l'Etna paraît avoir agi, non en un point unique et central, mais suivant une ligne droite, représentée par l'axe de l'ellipse dont font partie les flancs méridionaux, septentrionaux et orientaux du Val-del-

Bove, et il paraît avoir agi inégalement sur les diverses parties de cette ligne droite, de manière que son extrémité occidentale, qui répond à la cheminée volcanique actuelle, a été soulevée plus que tout le reste.

Un pareil soulèvement n'a pu se produire sans que les masses soulevées aient été déchirées, et les déchirements ont dû coïncider principalement avec la ligne de soulèvement ou diverger en rayonnant de ses extrémités.

L'état actuel des parties des masses soulevées, qui subsistent encore et qui n'ont pas été recouvertes, répond pleinement à cette condition. Les parois de l'extrémité inférieure du Val-del-Bove sont découpées par des vallées divergentes, telles que la Porta-de-Callana dont l'origine première ne peut guère être attribuée qu'à un déchirement; de plus, vers l'extrémité supérieure du Val-del-Bove, les escarpements de la *Schiena-del-Asino* sont séparés de ceux du *Serre-del-Solfizio* par un large talus où les assises de laves anciennes ne se montrent pas en place, et qui paraît n'être formé que de matières éboulées. L'origine de cette dernière échancrure, dont le *Val-del-Leone* marque le prolongement, peut être attribuée avec vraisemblance à une grande déchirure comblée en partie par l'écroulement de ses deux parois.

La partie de la gibbosité centrale qui supporte

le *Piano-del-Lago* doit nécessairement avoir été crevassée elle-même ; mais les produits modernes ayant ici tout recouvert, on ne peut y faire à cet égard aucune recherche. On peut toutefois remarquer que la cheminée principale de l'Etna se trouve à peu près dans le point où il est le plus naturel de concevoir que les principales déchirures ont dû se croiser.

Le cirque elliptique du Val-del-Bove présente donc tous les caractères d'un *cratère de soulèvement irrégulier*, et ici, comme dans tous les cratères de soulèvement, et même dans les cratères lacs de l'Eifel, se présente en seconde ligne la question de savoir ce qu'ont pu devenir les matières qui devaient remplir en partie l'emplacement actuel du cirque. Il est en effet évident que les fractures produites par le soulèvement ne pouvaient, à beaucoup près, égaler en largeur le Val-del-Bove lui-même ; on pourrait le prouver par le calcul, mais un simple coup d'œil jeté sur la carte ou sur le modèle en relief en dira assez à cet égard. On trouve d'ailleurs dans le fond du Val-del-Bove des rochers de laves anciennes, tels que la *Rocca-Musarrá* et la *Rocca-della-Capra*, qui paraissent n'être que les pointes de masses plus considérables de laves anciennes ensevelies sous les déjections modernes.

Mais que sont devenus les massifs dont ces derniers

rochers ne sont que des témoins, et entre lesquels le soulèvement n'avait pu produire que des fentes infiniment moins larges que l'espace qui reste vide aujourd'hui. Ce qui manque de ces massifs a-t-il été projeté en l'air, ou bien s'est-il englouti dans les abîmes volcaniques?

J'ai déjà discuté précédemment cette question, et, sans prétendre la décider d'une manière absolue, j'ai annoncé que je partage l'opinion de M. Buckland, de M. Lyell et de M. de Buch, qui regardent comme la plus probable l'hypothèse de l'engloutissement des matières manquantes dans quelque abîme intérieur. D'abord, on ne trouve sur les montagnes calcaires qui environnent l'Etna aucune trace de l'énorme pluie de matières volcaniques incohérentes qui n'aurait pu manquer d'avoir lieu si toute la matière qui manque dans le Val-del-Bove avait été projetée dans les airs. En outre l'hypothèse de l'engloutissement me paraît d'autant plus plausible, qu'elle est, en quelque sorte, indiquée par les phénomènes plus petits, mais du reste analogues, qui se sont passés sous nos yeux à diverses époques peu éloignées, sur la surface du Piano-del-Lago. Là en effet se sont produits, par écroulement sur des fentes occasionnées par les secousses des éruptions, l'entonnoir circulaire de la *Cisterna* et plusieurs autres du même genre, et même le petit cratère

qui, en 1832, a pris la place de la cime auparavant la plus élevée.

Du moment où, pour expliquer la disparition des masses qui remplissaient le Val-del-Bove, on est obligé d'avoir recours à l'hypothèse d'un grand effondrement, on ne peut se dispenser de chercher à rendre raison de la production du vide intérieur dans lequel une si grande masse de matière devra s'être engouffrée. Or, l'observation nous apprend que ces entonnoirs circulaires, que nous voyons naître de nos jours, se produisent constamment sur les fentes qui résultent des secousses que la montagne éprouve au moment des éruptions, et qui la soulèvent d'une petite quantité. La matière qui remplissait ces entonnoirs va évidemment remplir les vides que laissent dans l'intérieur de la montagne, soit l'écoulement des laves ou leur retraite vers l'intérieur de la terre, soit le fait même du léger soulèvement dont les fentes de la surface donnent la preuve et la mesure. L'analogie conduit naturellement à supposer que l'effondrement du Val-del-Bove a de même été la conséquence d'un phénomène analogue aux secousses et aux fractures de la montagne actuelle qui précèdent et accompagnent les éruptions, mais d'une grandeur infiniment plus considérable et proportionnée à celle du Val-del-Bove lui-même. L'hypothèse de l'effondrement n'est véritable-

ment que le complément de celle de la production des fentes, ou, en d'autres termes, de celle du soulèvement. L'abîme intérieur aura été produit par le soulèvement, et peut-être aussi en partie par l'action antérieure des phénomènes volcaniques.

Le soulèvement du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna étant regardé comme établi, on pourrait se demander si ce soulèvement a été graduel, ou bien s'il s'est opéré subitement et d'un seul coup.

Cette dernière supposition me paraît la seule admissible. En effet, la grande analogie de composition qui existe entre les déjections qui composent le noyau de la gibbosité centrale et celles que l'Etna produit aujourd'hui, conduit à penser que le feu volcanique actuel n'est que la continuation de celui qui a produit ces anciennes déjections. Or, le feu ne s'étant pas éteint si le soulèvement de la gibbosité centrale s'était opéré par degrés, il y aurait continuité et enchevêtrement entre les produits anciens et les produits modernes; il n'y aurait pas entre eux cette discordance complète de gisement qui constitue un des traits les plus frappants de la structure de l'Etna.

De plus, les analogies qui nous ont porté à conclure que le vide du Val-del-Bove est dû en

grande partie à un phénomène d'éboulement, doivent aussi nous faire présumer que cet éboulement s'est opéré subitement, comme ceux du Papandayang et du Carguairazo, et cette supposition est même la seule qui soit en rapport avec la régularité de notre cirque et avec l'harmonie générale de ses diverses parties, qui présentent bien plutôt l'image du vide laissé par un écroulement opéré d'un seul coup, que du résultat d'un écroulement opéré par parties successives. Immédiatement avant de s'écrouler, les parties éboulées devaient former une voûte suspendue au-dessus d'un vide dû en partie au soulèvement même. Si le soulèvement s'est opéré subitement, on peut également concevoir que l'éboulement des parties soulevées ait eu lieu immédiatement, ou bien qu'il n'ait eu lieu que longtemps après, comme dans le cas du Papandayang et du Carguairazo. Mais si le soulèvement avait été graduel, comment l'arc-boutement général des diverses parties les unes contre les autres, nécessaire à l'existence de la voûte, aurait-il pu continuer à subsister pendant toute la durée de la marche progressive du soulèvement? Un écroulement instantané ne peut évidemment avoir été préparé que par un soulèvement unique et brusque.

Un soulèvement de cette dimension ne peut manquer d'avoir été, non-seulement dans l'histoire

de la Sicile, mais même dans l'histoire du continent européen, un événement important.

Si une simple éruption de l'Etna, dont l'effet n'est que de fendre simplement le massif et d'ouvrir par cette fente une issue aux matières gazeuses et fondues, devient, pour la Sicile entière et pour une partie de l'Italie, l'occasion de secousses redoutables, quel n'a pas dû être sur ces mêmes contrées l'effet de la commotion qui a soulevé la gibbosité centrale de l'Etna, commotion qui, à en juger par la comparaison des effets produits sur l'Etna lui-même, a dû être à peu près aux éruptions ordinaires, ce que l'explosion d'un magasin à poudre est à un coup de pistolet? Si dans quelques cas les ébranlements qui ont accompagné ou précédé les éruptions de l'Etna se sont propagés jusqu'en Bohême, jusqu'en Perse, jusqu'aux Açores et même jusqu'au Mexique, la commotion qui a soulevé la gibbosité centrale de l'Etna n'a-t-elle pas dû être accompagnée sur une partie considérable de la surface du globe d'une véritable révolution?

L'idée d'un semblable événement a certainement de quoi effrayer l'imagination, et on conçoit que des esprits circonspects puissent reculer pendant quelque temps devant la nécessité de l'admettre. Peut-être même les géologues les plus hardis balanceraient-ils à concevoir une pareille

hypothèse, si leur imagination n'était familiarisée depuis longtemps avec l'image de catastrophes bien plus grandes encore, dont les preuves, d'un tout autre genre que celles qui viennent de nous occuper, s'observent dans un grand nombre de points de l'écorce du globe, dans les Pyrénées, dans les Alpes et jusque dans les couches calcaires qui forment les montagnes de la Sicile et sur l'extrémité desquelles s'étendent les laves de l'Etna.

Mais bien que la démonstration de la formation par soulèvement du noyau central de l'Etna n'agrandisse en aucune manière le champ des idées géologiques, j'ai cru devoir mettre un soin particulier à constater la réalité de cet événement, parce que la possibilité d'un soulèvement, si généralement admise aujourd'hui pour les montagnes couvertes de restes marins, avait été révoquée en doute pour les montagnes formées de matières volcaniques.

On pourrait en effet concevoir qu'une cheminée volcanique, en ouvrant une issue aux causes de désordre qui s'agitent dans l'intérieur de notre globe, joue, par rapport au sol qu'elle traverse, le rôle d'une soupape de sûreté. Mais comment ne remarquerait-on pas en même temps, d'une part, qu'un sol crevassé à mille reprises diverses par les éruptions volcaniques est nécessairement une des parties les moins solides de l'écorce ter-

restre, et, de l'autre, qu'un foyer volcanique nous laisse apercevoir un appareil mécanique doué d'une puissance véritablement incalculable?

On a vu précédemment qu'il est démontré, par les produits mêmes des éruptions, que le point de départ de la colonne de lave qui s'élève si souvent jusqu'à la cime de l'Etna, à plus de 3,300 mètres de hauteur, se trouve au-dessous d'une masse de roches primitives qui ne peut manquer de s'étendre beaucoup plus bas que le niveau des mers. Il est par suite aisé de calculer que la base de cette colonne liquide se trouve soumise pendant les éruptions à une pression hydrostatique de plus de mille atmosphères. Or, qui pourrait se flatter de connaître assez bien l'intérieur des abîmes volcaniques pour assurer que cette pression hydrostatique ne trouve pas à s'y exercer sur une large surface, et qui oserait assigner la limite des effets qu'une pareille machine a pu produire, si, une seule fois dans le cours des siècles, le jeu de la soupape de sûreté s'est trouvé dérangé?

En faisant même abstraction de ces dernières considérations, il est évident que la grandeur de l'effort qui aurait été nécessaire pour soulever à sa hauteur actuelle le cône intérieur de l'Etna ne pourrait devenir un motif de rejeter ma supposition, que dans le cas où on ne pourrait citer dans des terrains également volcaniques des exemples

d'efforts analogues. Or, comme je l'ai déjà rappelé, le cône intérieur de l'Etna n'a pas des dimensions supérieures à celles des grands cônes des Andes, le Chimborazo, l'Antisana, le Cotopaxi, le Pichincha, qui, depuis les savantes recherches de M. de Humboldt et de M. Boussingault, peuvent être classés parmi les volcans les mieux connus de la terre.

On croirait même au premier abord que l'Etna doit être considéré comme beaucoup plus petit, car il s'élève à une hauteur absolue beaucoup moindre, ce qui tient toutefois non à ce qu'il est moins volumineux, mais à ce que la base du cône intérieur de l'Etna se trouve à peu près au niveau de la mer, tandis que celles des cônes volcaniques des Andes se trouvent à la hauteur du plateau qui porte la ville de Quito : on peut en juger par le tableau suivant :

Ville de Quito (au-dessus de la mer).		2,908m.		
Chimborazo.	—	6,530	(au-dessus de Quito)	3,622m.
Antisana.	—	5,833	—	2,925.
Cotopaxi.	—	5,753	—	2,845.
Pichincha.	—	4,853	—	1,645.
Ville de Mexico.	—	2,277.		
Popocatepetl.	—	5,400	(au-dess. de Mexico)	3,123m.
Pic d'Orizaba.	—	5,295	—	3,018.
Coffre de Perote.	—	4,088	—	1,811.
Noyau intérieur de l'Etna (pied du cône supérieur au-dessus de la mer).				2,975.

Cette différence de gisement entre l'Etna et les

volcans des Andes est accompagnée d'une différence non moins grande dans le jeu de leurs éruptions. D'après les recherches de M. Boussingault, ceux mêmes de ces derniers cônes qui présentent à leur cime un cratère en activité ne sont recouverts que de scories et ne présentent pas sur leurs flancs de coulées de laves, tandis que l'Etna présente un manteau formé en partie de laves qui ont ruisselé sur ses flancs et dont une partie sont sorties de son cratère.

Le fait que la base des cônes des Andes est située à une hauteur absolue à peu près égale à celle de la cime de l'Etna, explique à lui seul cette différence des éruptions, car il en résulte que le même effort des agents intérieurs, qui peut faire sortir les laves par le cratère de l'Etna, ne peut que les faire bouillonner dans les cheminées des cônes des Andes à la hauteur de la base sur laquelle ils s'élèvent.

A la différence qui vient d'être signalée dans les effets des éruptions actuelles, se joint encore une différence correspondante dans la composition des cônes eux-mêmes, car le noyau de celui de l'Etna n'est formé que de couches superposées de matières fondues et de matières fragmentaires, tandis que les cônes des Andes ne se composent que de trachyte massif qui ne paraît pas avoir jamais coulé, d'où M. Boussingault a conclu

avec juste raison que la formation de ces cônes ne peut s'être opérée que par voie de soulèvement.

On voit d'après cela que le soulèvement de l'Etna ne constituerait pas un fait isolé dans l'ensemble des faits volcaniques. On voit, au contraire, que l'explication donnée encore aujourd'hui par beaucoup de géologues à l'origine de cette montagne, qu'ils supposent formée par des coulées de lave déversées les unes par-dessus les autres autour d'un orifice central, ne pourrait jamais être qu'une explication spéciale, à laquelle, d'après ce qui vient d'être rappelé, un grand nombre de cônes volcaniques échapperaient complétement, tandis que l'explication à laquelle je me trouve conduit directement par un examen attentif de la structure de l'Etna lui-même se trouve n'être, en dernière analyse, que l'application d'un principe général auquel presque toutes les montagnes sont soumises. On s'y trouve également amené par l'observation d'autres cônes qui, bien que volcaniques eux-mêmes, ont une structure toute différente, de cônes dont la masse égale celle de l'Etna, et dont le gisement élevé semble avoir exigé de la part des agents intérieurs qui les ont soulevés des efforts plus grands encore que le soulèvement auquel j'attribue l'origine première du mont Etna.

Admettons donc à son tour parmi les masses

les plus évidemment soulevées, cette pyramide singulière que son isolement rend si imposante, à laquelle les Arabes ont laissé le nom de *Gibel* (la montagne par excellence), dont les Grecs avaient avant eux célébré la grandeur, dont les monuments de l'antiquité nous attestent l'état permanent, qui semblait un piédestal élevé par la nature sur un des principaux laboratoires des agents volcaniques, pour recevoir, dans le cours des siècles, quelque monument de leur puissance, mais dont les éruptions actuelles ne font que modifier d'année en année la mesquine et mobile décoration, et dont la belle conservation et la nudité partielle offrent un exemple remarquable de la faiblesse relative des causes qui agissent sous nos yeux, comparées à celles auxquelles sont dues les formes initiales des montagnes.

Mais si l'Etna est, comme les lacs de la Suisse, comme les éboulements des Alpes et les moraines de leurs glaciers, un témoignage frappant du peu d'effet qu'ont produit depuis le commencement de l'état présent des choses sur notre globe les phénomènes qui y produisent des changements journaliers, il ne s'ensuit nullement que l'Etna doive son origine à un renversement des lois de la nature, ni à des forces autres que celles qui, plus ou moins modifiées, font encore partie du mécanisme de la nature actuelle.

On ignore combien de générations ont dû se succéder sur les bords d'une rivière, pour que le peuple qui les habite ait inscrit dans ses annales toutes les sécheresses, toutes les crues, toutes les débâcles, les anomalies de tous genres que le régime de cette rivière est susceptible de présenter. A plus forte raison ignore-t-on quel lapse de temps est nécessaire pour qu'un foyer volcanique parcoure le cercle entier des accidents dont il est susceptible, et, à bien plus forte raison encore, l'ignore-t-on pour le globe terrestre pris en masse.

Prétendre que les 4,000 ans dont nous avons des chroniques suffisent pour nous faire connaître tous les écarts que peut présenter la marche des mystérieux appareils de la nature, c'est supprimer la question au lieu de la résoudre. Prétendre même que les écrits des hommes devront comprendre à la longue le récit de tous les événements physiquement possibles, c'est poser en principe, comme l'a si justement remarqué sir James Hall (1), qu'il ne peut survenir sur notre globe d'événements assez considérables pour faire disparaître, sinon tous leurs contemporains, du moins tous leurs témoins oculaires.

---

(1) Voyez dans le tome VII des Mémoires de la société royale d'Edimburg, les mémoires du célèbre *géologue-physicien*, intitulés : *On the revolutions of the earth's surface.*

Tout en attestant à sa manière combien sont rares et violents les phénomènes passagers dont les montagnes sont les monuments, l'Etna semble aussi indiquer, par les rapprochements qu'il nous a fournis, que les causes de ces phénomènes ne diffèrent pas dans leur principe de celles qui agissent journellement, et que l'erreur du sytème qui attribue toutes les apparences géologiques à une longue répétition des phénomènes journaliers, consiste surtout en ce qu'il ne renferme qu'une partie de la vérité.

L'exemple de l'Etna montre à lui seul que les géologues qui soutiennent encore ce système commettent, dans l'ordre des temps, une erreur analogue à celle que Werner commettait dans l'ordre des distances, lorsqu'il supposait l'Ecorce terrestre toute entière composée sur le modèle de la Saxe sa patrie.

TABLEAU N° I.

Valeurs numériques des inclinaisons par rapport à l'horizon de divers talus connus dont on peut se servir comme terme de comparaison.

	PENTE par mètre.	PENTE en degrés sexagésimaux.
	m.	degrés. min. s.
Pente à peu près insensible à l'œil	0,0029	10′00
Pente qu'on cherche aujourd'hui à ne pas dépasser dans le tracé des chemins de fer.	0,0050	17.11
Pente du chemin de fer de Rive-de-Gier à Givors (Les chars descendent d'eux-mêmes sur cette pente)	0,0060	20.38
Pente déjà très-sensible à l'œil (mesurée sur la route de Saint-Malo à Matignon, Côtes-du-Nord).	0,0099	34.00
Pente maximum du chemin de fer de Liverpool à Manchester. $\frac{1}{96}$	0,0104	35.46
Pente du chemin en fer de Saint-Étienne à Rive-de-Gier. (Les chars livrés à eux-mêmes y acquièrent une très-grande vitesse, source de nombreux accidents.)	0,0140	48.07
Pente de la grande route de la montagne de Tarare (entre Lyon et Roanne)	0,0300	1°43.06
Pente d'une portion de route, médiocrement inclinée, mesurée entre Saint-Malo et Matignon (Côtes-du-Nord)	0,0381	2.11.00
Pente d'une partie de la route de la Fancille, dont l'inclinaison semble déjà assez notable entre l'embranchement de la route de Nyon et la Combe-de-Mijoux (Jura)	0,0495	2.50.00
Pente des plans inclinés du chemin en fer de Saint-Étienne à Roanne. (On y remonte les chars à l'aide de machines fixes.)	0,0500	2.51.45
Pente maximum tolérée actuellement en France dans le tracé des routes royales.	0,0500	2.51.45
Pente maximum de la route du Mont-Cenis.	0,0700	4.00 15
Pente d'une portion de route que les voitures fortement chargées ne peuvent descendre sans enrayer (mesurée près de Belle-Ile-en-Terre, Côtes-du-Nord).	0,0764	4.22 00
Pente maximum de la route du Simplon.	0,1000	5.42.38
Pente maximum des rampes destinées au passage de l'artillerie	0,1000	5.42 38
Pente des parties les plus rapides de la rue de la Montagne-Sainte-Geneviève (à Paris).	0,1051	6 00.00

Pente d'une portion de route qui paraît très-rapide entre Saint-Malo et Matignon (Côtes-du-Nord).	0,1103	6.10.00
Pente de la partie de la route la plus inclinée entre Carhaix et Gourin (Finistère). (Elle est dangereuse à descendre en voiture, même en enrayant.)	0,1614	9.10.00
Pente maximum des rampes dans les ouvrages de fortification	0,1666	9.27.44
Pente d'une portion de route assez rapide pour devenir glissante et difficile à parcourir après la pluie (mesurée près de Pleiben, Finistère).	0,1723	9.46.30
Pente du chemin qui monte au Menez-Brée (Côtes-du-Nord). (C'est à peu près la limite des pentes sur lesquelles on emploie habituellement les charrettes.).	0,1875	10.38.00
Portion de route que les voitures ne montent qu'avec la plus grande peine pour arriver au bureau de douanes de Meleck près Reichenhall (Bavière). Elle touche évidemment à la limite de celles sur lesquelles l'emploi des voitures est possible	0,2309	13.00.00
Pente très-rapide qu'on ne peut pas descendre en voiture (Humboldt, Relation historique, tome 1er, pag. 333, in-8°)	0,2679	15.00.00
Pente de quelques grèves de la rade de Brest, sur lesquelles on marche très-difficilement quand elles sont couvertes de gouëmon glissant (algues et focus).	0,2679	15.00.00
Pente sur laquelle serpente le chemin des Mulets, qui monte du village de Val-Severanche aux premiers chalets de la montagne de Juan (Val-d'Aoste). Cette pente se présente très-habituellement dans les flancs des vallées alpines	0,3256	19.00.00
Pente que dépassent rarement les flancs couverts de joncs marins, de broyère ou d'herbe fine des vallées de Belle-Ile et du reste de la Bretagne	0,4453	23 à 25.00 00
Pente d'une rampe taillée dans le roc pour descendre à une batterie à Belle-Ile. (C'est à peu près la limite des surfaces pierreuses unies sur lesquelles un homme puisse monter et descendre facilement.).	0,4663	25.00 00
Pente d'un escalier dont les marches ont une largeur double de leur hauteur. (Un pareil escalier paraît très-roide.).	0,5000	26.34.00
Pente couverte de joncs marins, à peu de distance de Saint-Brieuc, sur la route de Paimpol (Côtes-du-Nord) (Elle paraît extrêmement rapide.)	0,5095	27.00.00
Pentes couvertes de gazon et de granges dispersées entre Lourtier et le Chabley sur le flanc droit de la vallée de Bagnes (en Valais). (Cette pente peut déjà être citée comme très-rapide parmi les pentes gazonnées des Alpes.).	0,5543	29.00.00
Pentes les plus fortes que les mulets puissent monter lorsqu'ils sont chargés (Saussure, § 774). Des mulets non chargés peuvent monter des pentes encore plus rapides.	0,5543	29.00.00

Suite du tableau n. 1.

	PENTE par mètre.	PENTE en degrés sexagésimaux.
	m.	degrés. min. s.
Pente sur laquelle serpente le sentier de la Féja, qui descend du Montanvert à la source de l'Arveiron, dans la vallée de Chamouny	0,5774	30.00.00
Pentes gazonnées en haut des falaises de l'île d'Ouessant. (Une pierre sur sa tranche y roule sans s'arrêter.)	0,5774	30.00.00
Pentes déjà difficiles à monter sur un sol dur et parfaitement uni, d'après Bouguer et Saussure.		30 à 31.00.00
Plan très-incliné, couvert d'un bois de hêtres, sur lequel est tracée la route en zigzag et taillée en escaliers, qui conduit de Hallstadt à la mine de sel du même nom (Haute-Autriche).	0,5774 / 0,7002	30 à 35.00.00
Pente d'un sentier que sa roideur rend difficile à gravir (Saussure, § 641. Bouguer, en gravissant les Andes du Pérou, a observé qu'une pente à ce degré d'inclinaison est à peu près la plus rapide qu'un homme puisse monter sur un sol dur et parfaitement uni).	0,6009	31.00.00
Pente des talus de menus débris couverts d'herbe fine au pied des escarpements du flanc méridional du vallon de Verne, au fond de la vallée de Vauvrier dans le bas Valais. (Cette pente se reproduit très-fréquemment dans des circonstances analogues.)	0,6249	32.00.00
Pente couverte de sarrasin, qui paraît très-rapide pour un terrain cultivé, entre la route et l'Eisack, à quelque distance de Klausen, sur la route de Botzen (Tyrol).	0,6249	32.00.00
Pente des bois de sapins du Montanvert, près de Chamouny. La plupart des voyageurs ne regardent cette pente qu'avec crainte dans les parties où la forêt est dégarnie	0,6494	33.00.00
Champs de sarrasin sur des pentes qui paraissent extrêmement rapides pour des terres cultivées, au-dessus d'Assling, dans le Pusterthal (Tyrol).	0,6494	33.00.00
Pente intérieure du cratère du Monte-Nuovo, près de Pouzolles, entaillé dans le tuf ponceux, du côté du N. 10° O.	0,6745	34.00.00
Pentes gazonnées les plus inclinées sur les flancs des vallées de Belle-Ile (elles sont difficiles à gravir).	0,7002	35.00.00

Pente méridionale du Hohen Staufen, près de Göppingen, en Wurtemberg. Talus gazonnés, extrêmement rapides, qu'on ne peut descendre sans glisser que parce que les moutons, à force d'y marcher, les ont façonnés en gradins.	0,7536	37.00.00
Pentes presque inaccessibles à pied si le sol est un roc ou un gazon trop serré pour qu'on puisse y former des gradins avec le pied (Humboldt, *Relation historique*, tome Ier).	0,7536	37.00.00
Pente ravinée sur laquelle sont épars des sapins en partie déchaussés et qui paraît très-rapide, mesurée un peu après Starkenbach entre Landeck et Imst (Tyrol), entre la route et l'Inn.	0,8391	40.00.00
Pente couverte de sapins, entre la route et la Sarine, au-dessus du château d'Oex (canton de Fribourg). (Elle fait l'effet d'un précipice, et on l'a garnie de garde-fous).	0,9004	42.00.00
Pente couverte de sapins, qui paraît excessivement rapide entre le chemin et l'Isère, qui coule à 200 mètres plus bas; au-dessus de Sainte-Foy (en Tarentaise.)	1,0000	45.00.00
Pentes gazonnées, déjà trop inclinées pour que les moutons puissent y aller brouter l'herbe (mesurées à l'O. du port de Craven sur le revers nord de la presqu'île du Raz, Finistère). .	1,1918	50.00.00
Pentes tout à fait inaccessibles (vues d'en haut on les juge de 75°. Humboldt, *Relation historique*, tome Ier).	1,4281	55.00.00

TABLEAU N° 2.

Valeurs numériques des inclinaisons par rapport à l'horizon de divers talus formés par éboulement.

	PENTE en degrés sexagésimaux.	PENTE par mètre.
Pente maximum de la partie supérieure d'une levée formée de gros galets plats de gneiss dans l'anse de Saint-Anne (goulet de la rade de Brest).	14°00′00″	0,2493
Pente maximum du côté de la mer d'une levée de gros galets de granit, de gneiss, de micaschiste sur la côte de l'île de Quemenès (Finistère).	16	0,2867
Pente maximum d'une levée de gros galets dans la baie de Pen-Hir, au sud de Camaret (Finistère).	17	0,3057
Pente maximum d'une levée de gros galets dans la partie ouest-sud-ouest de l'île de Molène (Finistère).	18	0,3249
Pente de l'assise de scories agglutinées qui forme la cime du Monte-Nuovo et sa pente du côté de Pouzolles.	18	0,3249
Pente méridionale du cône volcanique du Mosenberg à l'est de l'issue de la lave (dans l'Eifel)	18	0,3249
Pente extérieure assez exactement rectiligne du principal cône de scories, produit sur le flanc méridional du Vésuve par l'éruption de 1794.	20	0,3640
Pente d'une plage formée de très-gros galets de granit, de gneiss, de quartz, etc., dans une petite baie de la partie nord-ouest de l'île de Molène (Finistère).	20	0,3640
Pente d'une levée de gros galets de granit, de gneiss, de micaschiste sur la côte de l'île de Quemenès (Finistère) (inclinaison du côté d'un étang que cette levée sépare de la mer).	22	0,4040
Pente de l'arête du cône de scories vitreuses des Camaldoli, qui regarde Torre del Annunziata au pied méridional du Vésuve.	22	0,4040
Pente du talus de lapilli très-fins, sur lequel je suis descendu de la Casa Inglese, dans le fond du Val-del-Bove. (Il était facile d'y descendre en enfonçant le talon, mais la moindre pierre, détachée par les moutons qui y broutaient quelques brins d'herbe, roulait jusqu'en bas avec une grande vitesse.)	23	0,4245

Pente du talus de lapilli, sur lequel j'ai commencé à descendre de la Casa Inglese dans le Val del-Bove, et sur lequel une coulée de lave n'a laissé qu'une couverture de scories en lopins détachés.		24	0,4452
Pente sud-est du cône volcanique du Mosenberg dans l'Eifel.		25	0,4663
Pente occidentale du plus élevé des cônes formés sur le flanc sud-est du Vésuve, par l'éruption de 1760.		27	0,5095
Pente orientale du plus élevé des cônes formés sur le flanc sud-est du Vésuve, par l'éruption de 1760		28	0,5317
Pente des arêtes occidentales du cône de scories vitreuses des Camaldoli au pied méridional du Vésuve.		28	0,5317
Pente occidentale du plus occidental des deux Monti Rossi, près de Nicolosi (mesurée des environs de Catane).		28	0,5317
Pente du plus occidental des deux Monti Rossi, près de Nicolosi, du côté du nord-ouest.		28	0,5317
Pente du plus oriental des deux Monti Rossi, près de Nicolosi, du côté du nord-est (mesurée de Nicolosi).		28	0,5317
Pente des chables situés au pied des escarpements qui sont au sud-ouest de Stern (Abtey Thal) (Tyrol).		28	0,5317
Pente orientale parfaitement régulière de la partie la plus élevée du cône volcanique du Mosenberg (dans l'Eifel).		29	0,5543
Pente maximum d'une levée de gros galets au fond d'une petite anse déterminée par l'embouchure du ruisseau de Portz-ar-Poulhant dans la baie d'Audierne. La pente moyenne est d'environ 15°, et la pente maximum qui ne s'observe qu'en un petit nombre de points de la partie supérieure est de.		30	0,5774
Pente des chables situés au pied des escarpements, au sud du lac inférieur de Gosau (Haute-Autriche).		30	0,5774
Pente maximum de la levée de gros galets au fond de la baie des Trépassés (Finistère). (Cette pente maximum ne s'observe qu'en quelques points de la partie supérieure.)		30	0,5774
Pente des talus de débris au pied des escarpements de la vallée du Rhône, près d'outre-Rhône, au-dessus de Saint-Maurice (en Valais).		30	0,5774
Pente des talus de débris qui tombent de la pointe du Palo (la plus élevée du Vésuve), à gauche de l'arête suivant laquelle on monte au cratère.		30	0,5774
Pente du cône supérieur du Vésuve vers la gauche (mesurée du port de Naples).		30	0,5774
Pente des chables de calcaire fragmentaire blanc à l'entrée du vallon des mines de sel gemme de Hall (Tyrol).	31	à 32	0,5774 0,6249
Pente d'un chable qui paraît très-rapide au nord de Stuben, dans le Kloster Thal (Voralberg).		31	0,6009

Suite du tableau n. 2.

	PENTE en degrés sexagésimaux.	PENTE par mètre.
Pente des chables situés au pied des escarpements remarquablement verticaux et turriformes, qui se trouvent au midi de Colfesco (Abtey Thal, Tyrol).	32	0.6249
Pente des chables très-longs et rectilignes, qui descendent d'une échancrure de la partie orientale du Langkofel (Tyrol).	32	0,6249
Pente maximum d'une levée de galets formés la plupart de micaschiste, sur le rivage de la baye d'Audierne, près de Brengalaer; la pente moyenne est d'environ 12°, la pente maximum ne s'observe qu'en quelques points près de la partie supérieure. . .	32	0,6249
Pente du Palo (cime la plus élevée du Vésuve), mesurée de la partie occidentale de la crête de la Semma.	32	0,6249
Pente extérieure du cône supérieur de l'Etna, dans la direction du nord 35° ouest. (Cette pente approche déjà de la limite du possible; car une seule pierre mise en mouvement en ébranle un grand nombre d'autres qui finissent par former un véritable éboulement.)	32	0,6249
Pente du fond des échancrures que présente vers l'ouest le cône de scories vitreuses des Camaldoli, au pied méridional du Vésuve.	32	0,6249
Pente intérieure du cratère du Puy de Pariou (Puy-de-Dôme).	32	0,6249
Pente extérieure de la Moraine de la coulée vomie par l'Etna en 1832.	32	0.6249
Pente du Pale (pointe la plus élevée de la crête du Vésuve) mesurée de sa cime, elle est couverte de blocs de lave qui reposent sur des lapilli incohérents.	33	0,6494
Pente du cône du Vésuve au midi de la percée de la coulée de 1834 (vers l'est). . . .	33	0.6494
Pente formée par des débris calcaires, qui se renouvellent sans cesse et qui font reculer le chemin dans la descente de la vallée d'Anivier vers le fond du Valais.	33	0,6494
Pente des grands talus de débris inclinés uniformément sur de grandes longueurs, en descendant du Bonder-Grat vers Adelboden (canton de Berne)	33	0.6494
Pente d'un éboulement remarquablement rapide au pied des escarpements de calcaire jurassique, dans le flanc droit de la vallée du Rhône, un peu au midi de Viennaz, au nord de Saint-Maurice (en Valais).	33	0.6494

Pente d'un talus de fragments calcaires dans la gorge à droite de la route qui monte de Morey aux Rousses (Jura)		33	0,6494
Pente maximum d'une levée de gros galets arrondis de porphyre et de granite porphyroïde, et de galets plats de micaschiste, à un quart de lieue de Notre-Dame de Penhors (Finistère). Cette pente maximum ne s'observe qu'en quelques points de la partie supérieure		34	0,6745
Pente maximum de la ligne qu'on suit en montant du Salvatore, sur le cône supérieur du Vésuve		35	0,7002
Pente du talus de débris au pied des escarpements du deuxième étage du calcaire oolitique, au nord-est de Morey		35	0,7002
Pente du talus de menus débris, couvert de broussailles, qui forme le pied du flanc gauche de la vallée de la Möhl, au-dessus de Tragant (Carinthie)		35	0,7002
Pente de plusieurs chables très-rapides de Dolomie, dans la vallée d'Ennenberg (Tyrol)		35	0,7002
Pente des chables situés au nord de la descente du col qui conduit du vallon Delle Selle à San Pellegrino (vallée de Fassa, Tyrol)	35	à 37	0,7002 0,7536
Pente des chables de calcaire grenu le long du flanc nord du vallon Delle Selle (vallée de Fassa, Tyrol), ils paraissent très-rapides		37	0,7536
Pente de la halde de la carrière de marbre des Canzacoli, près de Predazzo (vallée de Fassa, Tyrol)		37	0,7536
Pente maximum des flancs du cône d'éruption nommé le Monte Elee, au pied S.-S.-E. de l'Etna		37	0,7536
Pente générale des déblais qui forment la halde de la grande carrière de trachyte de Wolkenburg, dans les sept montagnes près de Bonn		37	0,7536
Pente des parties les plus rapides des talus des tas de mines près de l'entrée des puits de la mine de fer, dite Buch Bergbau, à Bodenwöhr (Bavière)	34	à 39	0,6745 0,8098
Talus du tas de mine extrait de l'Auische Bergbau, à Kressenberg (Bavière)		39	0,8098
Pente de la halde des carrières de Solenhofen, au maximum		39	0,8098
Pente de la halde de la carrière dite *Neu Graben*, au pied septentrional de l'Untersberg (pays de Salzburg)		39	0,8098
Pente maximum de la levée de galets de la baie d'Audierne (Finistère). Je n'ai observé cette pente que dans un espace très-peu étendu de la partie supérieure de la levée		39	0,8098
Talus que prennent naturellement, lorsqu'on les décharge sur la digne de Cherbourg, les amas de gros blocs de quartz grenu qu'on livre à l'action de la mer. Quelques-uns de ces blocs ont un volume de 2,80 mètres cubes		39.48.00	0 8332
Pente du talus de la halde de la mine de fer spathique, exploitée dans le schiste talqueux, près de Schwatz (Tyrol)		40	0,8391

Suite du tableau n. 2.

	PENTE en degrés sexagésimaux.	PENTE par mètre.
Pente intérieure de la plus grande des trois trémies que présentait le cratère du Vésuve au mois d'octobre 1834.	40	0,8391
Pente du talus de la halde formée à l'entrée de la galerie du Bonillet (Bex), par l'anhydrite dessalée qu'on rejette, tout au plus.	40	0,8391
Pente sous-marine de l'île Julia, d'après les mesures publiées par M. John Davy.	40.55	0,8667
Pente de la partie supérieure de la halde de la grande carrière de trachyte de Volkenburg (dans les sept montagnes, près de Bonn), à l'endroit où on déchargeait dans le moment les débris produits par l'exploitation.	41	0,8693
Pentes des parties les plus rapides des cônes du Vésuve, du pic de Ténériffe, des volcans de Pichincha et de Jorullo (d'après M. de Humboldt).	40 à 42	0,8391 0,9004
Pente de la halde de la carrière la plus occidentale, appartenant au roi de Bavière, au pied septentrional de l'Untersberg (pays de Salzburg).	41	0,8693
Pente la plus inclinée qu'on puisse gravir à pied dans un terrain sablonneux couvert de cendres volcaniques (d'après M. de Humboldt).	42	0,9004
Pente qu'il est presque impossible de gravir quoique le terrain permette d'y former des gradins en enfonçant le pied (d'après M. de Humboldt).	44	0,9657
Pente des flancs d'une pile de boulets à base rectangulaire (inclinaison des arêtes du tétraèdre)	54.44.08	1,4142
Pente d'une pile de boulets à base triangulaire (angles dièdres du tétraèdre)	70.31.43	2,8284

TABLEAU N° 3.

Valeurs numériques des inclinaisons par rapport à l'horizon des divers talus formés par entraînement.

N. B. Les lits de presque tous les cours d'eau qui ne creusent pas sont des talus d'entraînement. Il y aurait donc en lieu de placer en tête de ce tableau les pentes de presque toutes les rivieres comprises dans le tableau n. 6; mais on s'est borné, pour abréger, aux talus d'entraînement les plus rapides, c'est-à-dire à ceux formés par des torrents de montagnes.

	PENTE	
	en degrés sexagesim.	par mètre.
Pente du cône de débris formé par le torrent d'Arbonne, à l'extrémité duquel se trouve le bourg de Saint-Maurice (en Tarentaise)	5°.00′	0,0875
Pente du talus de débris sur lequel se trouve le village de Telfs, dans la vallée de l'Inn (Tyrol.)	5	0,0875
Pente du cône de débris sur lequel est bâti le village de Lainsch, dans la vallée de la Möhl (Carinthie)	5	0,0875
Pente que l'action de la mer a donnée à la surface de l'ancienne digue de Cherbourg, formée de matériaux de grosseur médiocre (elle ne s'élève pas tout à fait au niveau de la basse mer), entre	4.45 5.12	0,0831 0,0910
Pentes de diverses arêtes du cône de débris formé par le nant du Bois-Noir, au-dessus de Saint-Maurice (en Valais)	5 7	0,0875 0,1228
Pente du sable fin poussé par la haute marée, au pied d'une levée de galets, dans la baie d'Audierne (Finistère)	6	0.1051
Pente du cône de débris du Kantzbach, au-dessous de Flauerling, en face de Platten (vallée de l'Inn)	6	0.1051
Pente apparente du cône de débris qui sort du vallon de Lavantor pour tomber dans la Drave, près de Wacht-Haus, au-dessus de Lavant, mesurée de Stribach (Tyrol)	6	0.1051
Pente du large cône de débris d'un torrent latéral qui tombe dans la Möhl, au-dessus de Tragant (Carinthie)	6	0.1051
Pente d'une grève étroite, et qui semble très-inclinée sur la côte méridionale de la baie de Paimpol (Côtes-du-Nord); elle est formée de fragments mal arrondis de roche amygdaloïde	6.38 8	0,1155 0,1405
Pente du cône de débris qui est formé par le torrent de Pfyn, et qui fait reculer le Rhône jusqu'auprès de Vesen et de Loëche-la-Ville (en Valais)	7 8	0,1228 0,1405

Suite du tableau n. 3.

	PENTE en degres sexagésim.	PENTE par metre.
Pente générale des *talus latéraux de l'Etna*..... environ	8	0,1405
Pente du cône de débris de Haising, dans le Pusterthal (Tyrol)	8	0,1405
Pente du cône de débris, au pied duquel est situé le village de Tarsch, dans la haute vallée de l'Adige (Tyrol)	8	0,1405
Pente du cône de débris, au pied duquel est situé le village de Laas, *id.* *id.* (*id.*)	8	0,1405
Pente du cône de débris sur lequel est bâti le village de Stall, dans la vallée de la Möhl (Carinthie)	9	0,1584
Pente sur laquelle peuvent se maintenir de très-gros matériaux, sur la digue de Cherbourg, un peu au-dessous du niveau de la basse mer	9.05	0,1600
Inclinaison du gros sable de la levée à l'E. de Kérity (Finistère), vers le bas de la pente	10	0,1763
Pente du cône de débris, au pied duquel est appuyé le village de Naturn, et qui paraît très-incliné (haute vallée de l'Adige, Tyrol)	10	0,1763
Pente du cône de débris, au pied duquel est située la ville de Glurns (haute vallée de l'Adige, Tyrol)	10	0,1763
Pente de la levée de sable de la plage de l'anse de St.-Yves, près de Plogoff (Finistère)	10	0,1763
Pente du cône de débris formé par le torrent qui descend du Brévent, et à la base duquel se trouve le village du prieuré de Chamouny	10	0.1763
Pente du cône de débris formé par un torrent latéral au-dessous du Chapiu et du Plan-Lombard, au dessus de Saint-Maurice (en Tarentaise)	10	0,1763
Pente du cône de débris formé par un torrent latéral, sur la rive droite du Rhône, près du village d'Outre-Rhône, au-dessus de Saint-Maurice (en Valais)	10 12	0,1763 0,2126
Inclinaison du galet vers le bas de la grande levée de la baie d'Audierne (Finistère)	12	0,2126
Pente d'une plage formée de pierres plates, qui paraît très-inclinée, près de l'extrémité nord-est de l'île Longue, dans la rade de Brest	13	0,2309
Dans la vallée d'Enneberg, en Tyrol, on trouve des chables de dolomie diversement inclinés, suivant qu'une quantité d'eau, plus ou moins grande, concourt à leur production, ou qu'ils se produisent tout à fait à sec. Les pentes varient ..... entre	16 27 35	0,2867 0,5095 0,7002

TABLEAU N° 4.

Valeurs numériques des inclinaisons par rapport à l'horizon de divers talus formés de neige et de glace.

	PENTE en degrés sexagesimaux.	PENTE par mètre.
	degr. min. s.	
Les glaciers qui couvrent les flancs postérieurs des montagnes de Grindelwald (la Jung Frau, l'Eiger, le Moine, le Schreckhorn), se réunissent dans un vaste cirque, situé derrière ces mêmes montagnes, et y forment, par leur réunion, le *grand glacier d'Aletsch*, l'un des plus considérables des Alpes. Ce glacier descend vers le Valais suivant une pente presque uniforme, dans une vallée, dont il remplit tout le fond. J'ai mesuré cette pente le 13 août 1834, vers la partie supérieure du glacier, à l'entrée du cirque, où il commence, et je l'ai trouvée de . .	2°.58′	0,0518
La *mer de glace* de Chamouny se forme par la réunion des glaciers du Tacul et de Léchaud. Elle présente dans la partie supérieure la forme d'un Y, dont les deux branches supérieures représentent les deux glaciers que je viens de nommer, et dont la tige représente la mer de glace proprement dite, qui se termine dans la vallée de Chamouny par le glacier des bois. Le 7 août 1835, j'ai mesuré la pente de la mer de glace vers le point de réunion des trois branches de l'Y, et je l'ai trouvée de	3.15	0,0568
Les glaciers qui couvrent la crête des Alpes, au nord-ouest du Gros-Glocker en Carinthie, se réunissent au pied de rochers nommés Burgstall, et forment, par leur réunion, un très-long glacier, nommé la *Pasterze*, qui passe au pied septentrional du Glockner. J'ai mesuré, le 25 août 1839, la pente de ce vaste glacier dans sa partie la plus uniforme, située vis-à-vis la cabane de l'archiduc Jean (Johanns Hütte), et je l'ai trouvée de	3.20	0,0582
Pente d'une portion assez étendue de la mer de glace de Chamouny, à quelque distance au-dessous de la réunion des glaciers du Tacul et de Léchaud.	6	0,1051
La pente de neige la plus rapide que j'ai eu à traverser, le 13 août 1835, pour monter de la val de Tignes au col de Rème, était inclinée de	16	0,2867

Suite du tableau n. 4.

	PENTE en degrés sexagésimaux.	PENTE par mètre.
D'un point situé un peu au-dessus de la source de l'Aveiron, dans la vallée de Chamonny, j'ai mesuré la pente apparente de la partie la plus rapide du glacier des Bois, et je l'ai trouvée de	27	0,5095
En montant de la Lenk au Rawyl, le 23 août 1835, j'ai remarqué, vers le haut du talus convert de mélèzes rabougris qui s'adosse contre le pied des escarpements, un tas de neige formé par une avalanche, dont la surface supérieure était inclinée de	34	0,6745
Pour monter au Mont-Blanc on a à traverser, en y taillant des escaliers, des pentes de neige inclinées de	35	0,7002

Le 6 août 1834, me trouvant sur le col du Géant, j'ai mesuré approximativement la pente d'un couloir très-rapide, situé au S.-O. de ce col, elle m'a paru être de 45°. Ce couloir est en partie tapissé de neige, et la pente de la surface de cette neige doit atteindre en quelques points 50° ; mais il faut observer qu'il s'agit ici de neige fortement tassée par les avalanches, et que de la neige bien tassée se comporte comme une roche solide, puisqu'elle forme le long des crevasses qui s'y produisent des escarpements verticaux, ou même en surplomb.

La neige forme des avalanches sur des pentes de 35°, de 30°, et même sur des pentes encore plus faibles. De là il résulte que toutes les pentes de neige, dont l'inclinaison approche de 30°, sont façonnées par les avalanches, ce qui les rend aussi exactement rectilignes que les arêtes des cônes d'éruption. Les pentes de neige d'une inclinaison peu considérable sont au contraire très-fréquemment arrondies. Comme l'eau ne peut couler sur la neige, à moins que celle-ci ne soit consolidée en forme de glace, on conçoit que pour la neige la tendance à former des talus par entraînement n'existe presque pas.

La neige, même fortement tassée, ne doit guère avoir, en masse, une pesanteur spécifique de plus de 0,8. Cette pesanteur est de beaucoup inférieure à celle que conserve, même dans l'eau de mer, un dépôt de matières terreuses, et cependant elle suffit pour que la neige, au moment du dégel, forme des avalanches sur des pentes de moins de 30°. D'après cela il est évident qu'un dépôt de sable fin ou de limon ne pourrait manquer de former des avalanches sous-marines sur des pentes de 30°, comme la neige en forme à l'air libre. Il est donc difficile qu'il se produise, même sur de petites étendues et dans l'eau la plus tranquille, des dépôts sableux ou vaseux ayant des surfaces inclinées de 30°, à moins qu'ils ne soient consolidés au fur et mesure par un gluten, qui y produise le même effet que l'eau gelée dans une masse de neige.

TABLEAU N° 5.

Valeurs numériques des pentes des principales coulées de lave dans les différentes contrées volcaniques de l'Europe.

	degrés. m.	
Pente moyenne générale des coulées qui se sont fait jour, en 1783, au pied du Skaptar Jokul, en Islande, et qui ont suivi les vallées de Skaptàa et du Hverfisfliot, sur des longueurs de près de huit myriamètres, tout au plus.	30′	0,0087
Pente de la partie de l'ancienne vallée du Simeto, dans laquelle s'est étendue et arrêtée en nappe épaisse et prismatique la lave très-ancienne que coupe la vallée actuelle, au-dessous d'Aderno, environ	44	0,0128
Pente de la partie de l'ancienne vallée du Simeto, dans laquelle s'est étendue et arrêtée en nappe épaisse et prismatique la coulée de 1603, qui forme l'escarpement du Salto di Pulicello, environ	48	0,0139
Pente de la partie de l'ancienne vallée du Simeto, dans laquelle s'est étendue et arrêtée une lave très-faiblement tourmentée, au-dessous de Jiardino, environ	53	0,0154
Pente de l'extrémité inférieure de la coulée qui est sortie de l'Etna en 1832, et qui s'est arrêtée avant d'atteindre Bronte.	54	0,0157
Pente de la partie de la vallée de la Sioule, dans laquelle la coulée du Puy-de-Louchadière s'est arrêtée au-dessous de Pont-Gibaux, en prenant une forme basaltoïde, moins de	1.00	0,0175
Pente de la coulée sortie des flancs du Vésuve, au mois d'août 1834, depuis le chemin qui la traverse au-dessous du Casino du prince d'Ottajano, jusqu'à son extrémité inférieure.	1.45	0,0306
Pente de la coulée de 1301, dans l'île d'Ischia, dite l'Arso. C'est une cheire très-tourmentée; des blocs de lave de plusieurs mètres de longueur y sont fréquemment redressés comme des pierres druidiques.	1.50	0.0320
Pente générale de l'expansion inférieure de la coulée sortie des flancs de l'Etna, en 1832, au-dessus du point où je l'ai traversée; c'est une cheire très-tourmentée.	1.50	0,0320
Pente totale de la coulée de lave feldspathique cellulaire, exploitée pour faire des meules à moulin à Mayen (sur la rive gauche du Rhin), depuis le pied du Bellerberg jusqu'à son extrémité la plus méridionale, dans la direction du S., 9° E.	1.50	0,0320
Pente générale de l'expansion inférieure de la coulée sortie des flancs du Vésuve au mois d'août 1834, depuis le chemin qui la traverse, au-dessus du Casino du prince d'Ottajano, jusqu'à son extrémité inférieure.	2.00	0.0349

Suite du tableau n. 5.

	degrés.	m.
Pente de la plage de Torre del Greco, sur laquelle la coulée de 1794, après avoir couvert une partie de la ville, est venue s'arrêter en formant une assise prismatique de sept à huit mètres de puissance, environ	2.00	0,0349
Pente générale de la cheire du Puy-de-Dôme, depuis le camp des Chazaloux, près des fontaines glacées, jusqu'à Pont-Gibaux	2.11	0,0381
Pente générale du terrain, depuis la maison du péage, au-dessus de Catane, jusqu'à la mer, dans la direction de l'E. 38° S. (Cette pente surpasse celle des cheires très-tourmentées qui ont atteint la mer au nord de Catane.)	2.14	0,0390
Pente de la cheire du Puy-de-Louchadière, depuis Saint-Ours jusqu'à Pont-Gibaux	2.26	0,0419
Pente générale de la cheire du Puy-de-Dôme, depuis le Puy-de-Lentegy jusqu'à Pont-Gibaux	2.26	0,0425
Pente générale du terrain, depuis un point situé à une demi-lieue de Torre di Grifo, sur le chemin de Nicolosi jusqu'à la mer, dans la direction du S. 30° E. (Cette pente surpasse la pente moyenne de la coulée de 1669, dans le même intervalle.)	2.42	0,0472
Pente générale du terrain, depuis un très-gros bloc de lave, flotté sur la surface de la coulée de 1669, entre Torre di Grifo et Nicolosi, jusqu'à la mer. (Cette pente surpasse celle de la coulée de 1669, dans le même intervalle.)	2.45	0,0480
Pente de la coulée de lave feldspathique cellulaire, qui, du pied du Bellerberg, près de Mayen (rive gauche du Rhin), s'est dirigée vers le N.-E.	2.45	0,0480
Pente générale du terrain, depuis l'entrée du bourg de Nicolosi jusqu'à la mer, dans la direction S. 25° E. (Cette pente surpasse la pente moyenne de la coulée de 1669, dans le même intervalle.)	2.47	0,0486
Pente de la cheire de Louchadière, depuis la Chazelle jusqu'à Pont-Gibaux	2.54	0,0498
Pente de la branche orientale de la coulée de 1669, mesurée à partir de son point de sortie au pied des Monti Rossi	2.58	0,0518
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1551, depuis le château de Portici jusqu'au môle du Granitello, sur une longueur de 800 mètres. Dans cette étendue la coulée a encore formé une cheire extrêmement tourmentée, excepté seulement sur l'ancienne plage où elle s'est arrêtée, en formant une assise de 5 à 6 mètres de puissance, grossièrement prismatique; moins de	3.00	0,0524
Pente générale de la coulée de lave feldspathique cellulaire, exploitée pour faire des meules de moulin, à Nieder-Mendig (rive gauche du Rhin)	3.00	0,0524
Pente générale de la coulée de 1669, depuis son point de sortie, au pied des Monti Rossi jusqu'à		

la mer. (Cette coulée forme, dans toute son étendoe, nue choire extrêmemeot tourmentée.) . .	3.01	0,0527
Pente générale des cheires, souvent très-âpres, qoi desceudeot des envirous du Monte Elce, vers Aci Reale.	3.02	0,0530
Peote de la coulée de lave basaltique, sortie du pied du Mosenberg (dans l'Eifel), dans le vallou dont elle a rempli le fond. sur une longueur d'environ 300 mètres.	3.06	0,0542
Peute de l'extrémité de la coulée, sortie des flancs du Vésuve en 1631, qui est venue s'arrêter sur l'aocieuoe plage de la Scala, en formaut une assise grossièrement prismatique, de 8 à 10 mètres de puissance, qui présente eneore à sa partie supérieure ooe partie des caractères d'une cheire : moios de	3.11	0,0556
Pente de la coulée, sortie des flaucs du Vésuve en 1807, au poiut où elle s'est arrêtée, près de la maisou dite Falanga.	3.12	0,0559
Pente do terrain, depuis le bourg de Nicolosi jusqu'à un point situé sur le chemin de Torre-di-Grifo, à une demi-lieue de ce deruier village. (Cette pente représente celle de la coulée de 1669, dans le même intervalle.)	3.30	0,0612
Pente de la coulée de 1669, depuis uu très-gros bloc de lave scoriacée, flotté sur sa surface, entre Nicolosi et Torre-di-Grifo jusqu'au village de Torre-di-Grifo.	3.39	0,0638
Pente totale de la coulée sortie du Vésuve en 1760, depuis l'orifice supérieur de la lave jusqu'au bord de la mer, sur une longueur de 4,444 mètres.	3.47	0,0661
Pente de la coulée de 1669, depuis son poiut de sortie, au pied des Monti-Rossi, jusqu'à Torre-di-Grifo.	3.51	0,0673
Pente de la coulée do 1669, depuis son point de sortie, au pied des Mooti-Rossi, jusqu'à un gros bloc de lave scoriacée flotté sur sa sorface, eutre Nicolosi et Torre-di-Grifo.	3 53	0,0679
Pente de la coulée de lave sortie du Puy de Pariou, depuis le pied du cône jusqu'à la Baraque. .	3 à 4.00	0,0524 0,0699
Pente générale de la coulée de lave basaltique sortie du cratère eu fer à cheval du Hoch-Simmer, jusqu'à sou extrémité, près de Mayeu (rive gauche du Rhio), moins de	4.00	0,0699
Pentes moyenues de la coulée qui s'est répaudue sur une partie considérable de l'île de Laucerote (l'uue des Cauaries), en 1730. Beaucoup moius de	4.00	0,0699
Peutes des derniers 2,300 mètres de la coulée de 1794, qui a couvert Torre-del-Greco. (Daos cet iutervalle la coulée, toojours très-tourmentée, présente à plosieurs reprises des étranglemeuts où la peote augmeote, et des expausions où elle diminue.)	4.04	0,0711
Pente de la brauche méridiooale de la coulée sortie des flancs du Vésuve, en août 1834, au-dessous du poiot où nous l'avons traversée, eu uous dirigeant vers le casino du prince d'Ottajano.	4.09	0,0726

Suite du tableau n. 5.

	degrés.	m.
Pente de la partie inférieure et la plus régulière de la coulée de Volvic, comprise entre Marsennat et Volvie, tout au plus.	4.16	0,0746
Pente de la coulée, sortie des flancs du Vésuve, en 1551, pendant les 2,000 mètres qui précèdent le château royal de Portici, bâti sur sa surface.	4.18	0,0752
Pente de la coulée sortie des flancs du Vésuve en 1551 depuis un point situé sur le chemin du Salvatore à environ mille mètres de Resina jusqu'à la mer.	4.21	0,0761
Pente générale, vers la rivière Onobola, des cheires que traverse la grande route de Palerme à Messine, entre Randazzo et Linguagrossa.	4 à 4.30	0,0699 0,0785
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1767, à sa sortie de Fosso-Grande.	4.53	0,0851
Pente totale de la coulée, sortie du vésuve, en 1794, depuis l'orifice inférieur de la lave jusqu'à la mer, sur une longueur de 4,300 mètres.	5.22	0,0939
Pente de la coulée du Puy-de-Pariou (branche du Nord), depuis la Baraque jusqu'à Nohament	5.25	0,0948
Pente de la coulée de 1669 dans l'étranglement qu'elle a traversé à une demi-lieue, au-dessus de Catane.	5 à 6.00	0,0875 0,1051
Pente générale du Piano-del-Lago, près de la Casa Inglese, au pied du cône supérieur de l'Etna (Sur cette pente la coulée, qui a rasé l'emplacement de la Casa-Inglese, forme une cheire extrêmement tourmentée. Cette cheire, et plusieurs autres qui se trouvent au-dessous, ne présentent dans les escarpements des entonnoirs par effondrement qu'une nappe solide dont l'épaisseur est généralement de moins d'un mètre, dont la section est ondulée et qui est scoriacée dans une grande partie de son épaisseur), environ.	6.00	0.1051
Pente de la branche méridionale de la coulée sortie du Vésuve en 1834, pendant les premiers 200 m. au-dessus du point où nous l'avons traversée en nous dirigeant vers le Casino du prince d'Ottajano	6 06	0,1069
Pente totale de la coulée de Volvie depuis sa sortie à mi-côte du Puy-de-la-Nugère jusqu'à Volvie.	6.10	0,1080
Pente suivant laquelle la coulée sortie du Vésuve en 1767 est arrivée à la partie supérieure du Fosso-Grande avant de s'y précipiter.	6.11	0,1083
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1834 dans l'étranglement qu'elle a traversé au-dessus du Casino du prince d'Ottajano, moins de.	6.30	0,1139

Pente totale de la coulée sortie du Vésuve en 1794, depuis l'orifice supérieur de la lave jusqu'à la mer sur une longueur de 4600m.	6.32	0,1145
Pente de la lave sortie du Puy de-Pariou (branche du sud), depuis la Baraque jusqu'à Font-More	6.41	0,1172
Pente de la coulée occidentale du Vésuve en 1834 sur la troncature du cône avant le point où elle atteint sa déclivité. (Elle y forme une cheire crevassée et assez tourmentée.)	6 à 7.00	0,1051 0,1228
Pente générale des cheires qui couvrent le fond du Val-del-Bove.	7.00	0,1228
Pente de la coulée sortie de l'Etna en 1832 dans la partie où elle est descendue sur la déclivité du Bosco, sous la forme d'un torrent étroit.	8.00	0,1405
Pente suivant laquelle la lave sortie du Vésuve en 1551 commence à descendre vers Portici près de la partie supérieure du Fosso-Grande.	8 00	0,1405
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1551 sur le chemin de Salvatore à 2,000 mètres de Resina	8.03	0,1414
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1551 sur le chemin du Salvatore à environ 3,000 mètres de Resina	9 09	0,1611
Pente des laves qui ont coulé à partir du pied du cône du Vésuve sur le terre-plain des Piane où elles ont formé des cheires très-tourmentées	7 à 10 00	0,1228 0,1763
Pente d'un rameau de la coulée de 1834, qui s'est arrêté au bas de la pente du Vésuve dans le Canale-Del-Inferno en se réduisant en scories incohérentes	13 00	0,2309
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1794, entre les bouches supérieures et inférieures. (Il n'est resté sur le sol dans cet intervalle qu'un lambeau d'écorce très étroit et très-tourmenté.)	14.00	0,2493
Pente de la coulée sortie du Vésuve en 1834, dans la partie où elle est descendue comme un torrent au pied de l'extrémité orientale de la Somma.	17 à 18.00	0,3057 0,3249
Pente de la lave sortie du Vésuve en 1769, au point où elle s'est précipitée dans le Fosso-Grande, sur la pente supérieure duquel elle n'a laissé que son écorce froncée et tourmentée.	19.44	0,3587
Pente de la lave qui est descendue dans le Val-del-Bove, à côté du petit cratère dit Boccone-de-Lunegi et qui n'a laissé sur la déclivité qu'une épaisse assise de scories flanquée de deux digues de scories.	24.00	0,4452
Pente du lambeau de sa propre écorce que la coulée de 1833 a laissé sur le bord du cratère de l'Etna	26.00	0,4877
Pentes des laves qui ont ruisselé sur le cône du Vésuve en 1832 et 1834, et qui n'y ont laissé que des couches de scories incohérentes flanquées de digues de scories.	30 à 35.00	0,5774 0,7002

TABLEAU N° 6.

Valeurs numériques des pentes de divers cours d'eau.

	Distance.	Chute totale.	Chute par metre.	Chute en degrés, minutes et secondes.
	m.	m.	m.	d. m. s.
Pente de la Seine au pont des Arts, de l'échelle du quai de l'École (au-dessous du Pont-Neuf) à l'échelle du port Saint Nicolas (au-dessus du Pont-Royal).	633	0,012	0,000019	4″
Pente du Rhône d'Arles au port de Bouc.	46000	1,79	0,000039	8
Pente de la Seine au-dessous de Saint-Denis, de l'échelle de l'embouchure du canal de Saint-Denis au pont de Bezons.	10495	0,466	0,000044	9
Pente de la Saône entre Châlons et Lyon.			0,0 005	10
Pente de la Seine de l'embouchure de l'Oise à la Roche-Guyon.	65205	5,449	0,000086	17 ¼
Pente de la Seine de l'embouchure de l'Oise au grand pont de pierre de Rouen	176790	15,562	0 000087	18
Pente de la Seine, de la fin des étroits de Marly à l'embouchure de l'Oise.	23547	2,211	0,000092	19
Pente de la Seine, de l'embouchure du canal de Saint-Denis au grand pont de pierre de Rouen.	218167	20,128	0,000092	19
Pente de la Seine, du Pont-Royal (Paris) au grand pont de pierre de Rouen.	244398	23,214	0,000095	19 ½
Pente de la Seine, du pont d'Austerlitz (Paris) au grand pont de pierre de Rouen	247743	24,294	0,000109	21
Pente de la Seine, de l'échelle du pont d'Austerlitz à l'échelle du pont de la Tournelle	984	0,1	0,000109	21
Pente de la Seine, de l'échelle du vieux pont de Sèvres à l'échelle de Neuilly.	7365	0,73	0,000109	21
Pente de la Seine, de l'échelle du quai de l'École à l'échelle du Pont-Royal.	813	0,09	0,000112	23
Pente de la Seine, de l'échelle de la barrière de la Cunette à l'échelle du vieux pont de Sèvres	5950	0,67	0,000117	24
Pente du fleuve Saint-Laurent, depuis sa sortie du lac Érié jusqu'aux rapides qui précèdent le saut de Niagara	37014	4,47	0,000121	25
Pente de la Seine, de l'échelle du Pont-Royal à l'échelle de la barrière de la Cunette	3656	0,442	0,000121	25

Pente de la Seine de l'échelle de Nenilly à l'échelle de l'embouchure du canal Saint-Denis.	9260	1,124	0,000121	25
Pente de la Seine du pont d'Austerlitz à l'échelle de l'embouchure du canal Saint-Denis	29576	4,166	0,000141	29
Pente du Rhône de Tarascon à Arles.	15580	2,49	0,000160	33
Pente de la Seine du pont de Bezons à la fin des étroits de Marly.	8335	1,959	0,000238	49
Pente de la Seine de Notre-Dame-de-l'Ile (au-dessous de Vernon) au pertuis de Port-Mort.	4189	1,46	0,000349	1.12
Pente de la Seine dans le pertuis de Pose.	3016	1,170	0,000388	1.20
Pente du Rhin à sa sortie du territoire français, près de l'embouchure de la Lauter (C'est la partie de l'Alsace où la pente du Rhin est la plus faible.).			0,000395	1.21
Pente du Rhône à Avignon (de la digue de Roquemaure à Tarascon).	43520	17,79	0,000409	1.24
Pente de la Seine, des Andelys au pertuis Saint-Jacques.	820	0,4	0.000490	1.41
Pente de la Seine, de l'échelle du pont de la Tournelle à l'échelle du quai de l'Horloge	1203	0,607	0,000504	1.44
Pente du Rhône, de l'embouchure du Lez à Roquemaure	21420	11,67	0,000545	1.52
Pente moyenne du Rhône, de Lyon à Arles	285675	158,64	0,000553	1.54
Pente du Rhône, de l'embouchure de la Saône à l'embouchure de la Galoure.	75421	35,65	0,000558	1.55
Pente du Rhône, de l'embouchure de la Galaure à l'embouchure de l'Isère.	28068	15,85	0,000565	1.57
Pente du Rhin, le long du territoire français, entre Bâle et la Lauter. (Cette moyenne est égale à la pente effective du Rhin près de Vieux-Brisac.)	222460	143,935	0,000647	2.13
Pente du Rhône, de l'embouchure de l'Isère à l'embouchure du Lez.	101666	75,19	0,000740	2.30
Pente de la Meurthe de Lunéville à Nancy.	31000	60,0	0,000774	2.40
Pente de la Seine entre le pont de Vernon et l'aval de l'île Fouet.	400	0,311	0.000781	2,41
Pente de l'Isère à Grenoble.			0,0009	3 6
Pente du Rhin à son entrée sur le territoire français, au-dessous de Bâle			0,000964	3.19
Pente du Doubs aux environs de Besançon (c'est à peu près la limite de la pente des rivières navigables).			0,001	3.26
Pente de la Seine dans les rapides du Pont-Neuf, depuis l'échelle du quai de l'Horloge, en face de la rue du Harlay, jusqu'à l'échelle du quai de l'École.	335	0,383	0,001144	3.56
Pente de la Vezouze, de Blamont à la Meurthe.			0.00137	4.43
Pente du fleuve Saint-Laurent depuis le saut de Niagara jusqu'au lac Ontario.	20921	32,31	0,001544	5.18
Pente de la Meurthe, de Raon-l'Étape à Lunéville	36000		0,00167	5.44
Pente de la Zinzel d'Ober-Holn au confluent de la Zorn.	12407	23,0	0,0019	6.41

Suite du tableau n. 6.

	Distance.	Chute totale.	Chute par mètre.	Chute en degrés, minutes et secondes.
		m.	m.	deg. m. sec.
Pente de la grande galerie d'écoulement des mines de Clausthal, en Hartz (*tiefer georg stollen*) 15 pouces pour 100 toises.			0,002082	7.10
Pente de la Durance, depuis le pont de Bompas jusqu'à son embouchure dans le Rhône	14800	31,498	0,002102	7.19
Pente de la Zorn, depuis la limite du département du Bas Rhin jusqu'à Saverne.	6600	15,0	0,0023	7.54
Pente de la Zinzel, depuis Hangweiller jusqu'à Oberhoff.	7000	16,0	0,0023	7.54
Pente de la Zorn, depuis Saverne jusqu'au confluent de la Zinzel	5200	16,0	0,0030	10.19
Pente de la Zorn, depuis Hoffmühl jusqu'à la limite des départements de la Meurthe et du Bas-Rhin.	6000	19,0	0,0032	11.00
Pente de la Vezooze, depuis la Haute-Seille jusqu'à Blamont	6500	21,0	0,00323	11.06
Pente de la Pleine, depuis Celles jusqu'à son embouchure dans la Meurthe .	10000	34,0	0,00340	11.41
Pente de la Zorn, depuis Neumühl jusqu'à Hoffmühl	3500	12,0	0,00340	11.41
Pente d'un torrent dans l'intérieur de l'Hymalaya, déjà considérable, quoique peu éloigné de son origine (d'après la grande carte du colonel Hogson) $\frac{1}{264}$			0,00378	13.00
Pente de la Sioule depuis Pont-Armurier jusqu'à Pont-Gibaux (Puy-de-Dôme).	7871	30,0	0,003811	13.7
Pente de la Meurthe depuis le confluent de la Fève (au-dessus de Saint-Diey) jusqu'à Raon-l'Étape	19000	390,0	0,00368	12.30
Pente de la Durance, depuis Briançon jusqu'à son embouchure dans le Rhône.	276000	1296,0	0,004698	16.9
Pente de la Pleine, depuis Provenchères jusqu'à Saint-Diey	6000	5,8	0,0058	19.56
Pente du Rhône immédiatement au-dessus du pont de Sierre en Valais. . .	1500	8,9	0,00594	20.26
Pente de la Bruche, depuis Schirmeck jusqu'à Héliberg	15000	100,0	0,0067	23.3
Pente de la Vezouze dans l'intérieur des Vosges depuis sa source jusqu'à la Haute-Seille	12000	85,2	0,0071	24.25
Pente de la Pleine, depuis Luvigny jusqu'à Celles	11500	86,5	0,00752	25.51

Pente de l'Isère à sa sortie du terre-plein de la Val-de-Tignes, avant l'entrée du défilé qui conduit à Tignes (Tarentaise). (Il roule ses eaux rapidement et avec bruit, en bondissant contre tous les obstacles).			0,00829	28.30
Pente de l'Arve à une demi-lieue au-dessus de Saint-Martin (Savoie). (Ses eaux coulent rapidement, mais elles déplacent rarement des galets plus gros que la tête).			0,00844	29.00
Pente de l'Isère sur le terre-plein du village de Tignes avant le défilé qui aboutit à Brévières (Tarentaise). (Ses eaux coulent rapidement en bondissant contre les obstacles).		187,00	0,00931	32.00
Pente de la Bruche depuis Bruche jusqu'à Schirmeck	16000		0,0117	40.13
Pente de la Liepvre depuis Sainte-Marie-aux-Mines jusqu'au confluent du Giesen	16000	200,00	0,0125	41.58
Pente du Simeto en face d'Aderno (Sicile), environ.			0,013023	44.46
Pente de l'Arve immédiatement au-dessus du confluent du torrent de Saint-Gervais (Savoie) environ.		99,00	0,01309	45,00
Pente de la Sioule depuis Pont-Gibault jusqu'aux Combres (Puy-de-Dôme) .	6945		0,014255	49.00
Pente de l'Isère près du village du Crest, situé au-dessous de celui de la Val-de-Tignes (Tarentaise). (Il coule torrentiellement en bondissant contre tous les obstacles).			0,01556	53.30
Pente du torrent du Chapiu sur le terre-plein du plan Lombard (Tarentaise). (Il se répand presque au hasard dans le fond de la vallée dont il a nivelé la section transversale. Ses eaux y coulent rapidement en faisant beaucoup de bruit et en bondissant contre toutes les pierres. Elles roulent quelquefois des pierres de $0^m,50$ de longueur.)			0,01571	54.00
Pente du Simeto en face de Bronte (Sicile), environ			0,016034	55.9
Pente moyenne de la dranse de Bagnes depuis le pied des glaciers de Getroz jusqu'à son confluent avec le Rhône.			0,016873	58.0
Pente de la Sioule, depuis Pont-Gibault jusqu'aux mines de Barbecot (Puy-de-Dôme).	4321	73,00	0,016894	58.4
Pente de la Möhl au pont au-dessous de Döllach (Carinthie). (Elle coule avec bruit en bondissant sur les pierres), environ			0,017455	1°.00.00
Pente de l'Onobola, depuis Randazzo jusqu'à la mer (Sicile), environ			0,019208	1.06.01
Pente du fleuve Saint-Laurent dans les rapides qui précèdent le saut de Niagara	805	15,54	0,019304	1.06.21
Pente qu'on donne aux galeries dans lesquelles on place les tuyaux pour la				

Suite du tableau n. 6.

	Distance.	Chute totale.	Chute par mètre.	Chute en degrés, minutes et secondes.
	m.	m.	m.	degr. m. sec.
conduite de l'eau salée dans les mines de Hallein (Salzburg) et de Hallstadt (haute Autriche) $\frac{1}{40}$			0,025	1.25.55
Pente de l'Arve immédiatement au-dessous du village d'Argentière (vallée de Chamonny). Elle roule beaucoup de blocs de 0^m,60 de diamètre	500	12,9	0,025895	1.29.00
Pente moyenne, du torrent de Reme entre Balmaveran et Pelon dans le haut de la vallée de Reme (Val-d'Aoste). (Dans la partie supérieure de l'espace mesuré le torrent roule de pierre en pierre comme une cataracte.) . .	1000	26,6	0,026623	1.31.30
Pente de la partie régulière du lit de l'Arveiron, au-dessous des ponts sur lesquels on le traverse près de l'extrémité du glacier des bois (vallée de Chamonny). Il roule souvent des blocs de plus de 0^m, 50 de longueur). .			0,027630	1.35.00
Pente de l'Isère au-dessous de l'église du Chatelard entre Saint-Maurice et Sainte-Foy (Tarentaise). (Il roule ses eaux en bondissant sur toutes les pierres avec un bruit considérable), environ.			0,029097	1.40.00
Pente du torrent de Framont dans les 6000 mètres qui précèdent son confluent avec la Bruche.	6000	236,0	0,039727	2.16.00
Pente de l'Arve dans le défilé formé par le barrage de débris entre la Tour et Argentière dans la vallée de Chamouny. (Elle saute en écumant sur tous les blocs qu'elle rencontre.)			0,06204	3.33.24
Pente du torrent qui sort du glacier du Tour, immédiatement au-dessus du pont sur lequel on le traverse en allant de Chamouny au col de Balme (Savoie). (Il bondit de bloc en bloc sans présenter de nappe continue en aucun point.)			0,091594	5.14.00
Pente générale du chemin et du torrent en descendant du Chapiu aux bains de Bonaval (Tarentaise). Sur cette pente le torrent se réduit réellement à une suite de petites cascades.			0,105105 0,122884	6 à 7.00.00

MÉMOIRE

Sur les terrains volcaniques des environs de Naples.

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines.

Le désir d'étudier les phénomènes qui président à la formation des terrains volcaniques, m'a conduit à visiter les environs de Naples. L'activité sans cesse renaissante du Vésuve fournit l'occasion trop rare d'assister aux épanchements des roches ignées, et de suivre les lois que la nature s'est imposées dans son désordre apparent. Depuis longtemps je connaissais les montagnes trachytiques du centre de la France, et je voulais saisir les différences qui caractérisent leurs cratères, formés par soulèvement, des cratères d'éruption qui sont particuliers aux volcans modernes. L'un et l'autre de ces terrains se présentent sous forme de montagnes coniques; mais lorsqu'on les examine avec soin, on remarque bientôt que si les formes extérieures de ces montagnes ont de l'analogie, leur structure présente souvent des différences essentielles qui font supposer qu'elles ne doivent pas leur élévation à la même cause; c'est cette étude qui a conduit M. Léopold

de Buch à adopter son ingénieuse théorie des cratères de soulèvement, dont le principe, d'abord contesté, est maintenant généralement adopté. Il est vrai que les géologues ne sont pas complétement d'accord sur l'application de cette théorie, car quelques-uns, tout en reconnaissant qu'il est naturel que des soulèvements coniques se soient manifestés à différentes époques, ne croient pas que cette disposition existe dans les terrains volcaniques. M. de Beaumont et moi nous avons démontré que les différentes montagnes trachytiques de la France doivent leur forme conique à cet ordre de phénomène. Sans doute nous n'avons pas été assez heureux, pour convertir à notre opinion tous les adversaires que la théorie de M. de Buch a rencontrés; mais nous pouvons affirmer avec assurance que la plupart des géologues qui ont visité le Cantal et le Mont-Dore, depuis la publication de notre travail sur ces deux groupes de montagnes, ont été frappés comme nous de l'uniformité des nappes de trachyte et de basalte sur toute leur circonférence, ainsi que de la régularité de pente de ces mêmes nappes. Cette régularité ne se représente pas dans les coulées de laves des volcans à cratères de l'Auvergne, elle est seulement le caractère distinctif des cratères de soulèvement, qui sont le résultat de l'élévation circulaire de terrains préexistants, quels que soient leur nature et

leur âge; mais si j'étais convaincu que la forme des montagnes trachytiques est due à une cause postérieure à celle qui a accompagné l'épanchement de ces roches ignées; j'étais au contraire persuadé que les cônes des volcans brûlants de l'Etna et du Vésuve devaient leur forme à l'accumulation constante de la lave, qui s'épanche sur leur surface à chaque éruption. J'ai donc parcouru le Vésuve, sans avoir l'esprit préoccupé d'idées systématiques, qui souvent réagissent, sans qu'on s'en aperçoive, sur les observations même les plus consciencieuses. Je fais cette réflexion, parce qu'il se pourrait que les personnes qui ne partageront pas mon opinion m'accusassent de n'avoir vu que les faits qui sont d'accord avec les idées que M. de Beaumont et moi nous avons émises sur la formation du Cantal et du Mont-Dore.

A peine eus-je foulé le sol du Vésuve, qu'il me parut évident que l'accumulation des laves ne pouvait avoir joué qu'un bien faible rôle sur la formation du cône qui en occupe le centre. En effet, l'inclinaison de 32°, que présente sa surface extérieure depuis son sommet jusqu'à peu de distance de sa base, ne permet qu'à une très-faible quantité de matière de s'y attacher. Les coulées les plus larges forment des bandes étroites qui occupent au plus la 80e partie de la circonférence du cône, et leur épaisseur atteint rarement deux mètres,

si ce n'est au pied de l'escarpement, où la lave, s'étendant sur une surface presque horizontale, acquiert une certaine puissance et prend alors une texture plus homogène. En supposant qu'il y ait trois éruptions par an, ce qui est un maximum, il faudrait un grand nombre de siècles (plus de 300) pour que le cône du Vésuve eût atteint sa hauteur actuelle (1,198 m.), et cette hauteur aurait bien peu changé depuis les temps historiques. La description du Vésuve par Strabon ne fait pas mention du cône actuel qui en occupe le centre, et d'après les phénomènes que l'on y observe, il est probable que la formation de ce cône remonte seulement à la catastrophe qui a enseveli les villes d'Herculanum et de Pompeï; plusieurs circonstances me conduisent en outre à supposer que depuis une époque assez moderne, celle de l'insurrection de Mazaniello (1), la hauteur du Vésuve s'est aug-

(1) Il existe, dans le musée de Naples, deux tableaux, l'un représentant l'insurrection de Mazaniello, et l'autre une scène historique de cette époque, dans lesquels le cône du Vésuve est moins élevé que la crête de la Somma. Dans tous les dessins actuels du Vésuve on voit, au contraire, que le sommet du cratère domine assez fortement l'escarpement qui l'entoure; la hauteur du Vésuve surpassant de 71 mètres les cimes les plus élevées de la Somma. Il est extrêmement probable que les deux tableaux dont je parle sont une copie exacte de la nature, et qu'en 1647 le Vé-

mentée dans une proportion qui surpasse de beaucoup celle qui résulterait de l'addition successive des laves qui doivent s'être épanchées depuis l'événement que nous venons de citer : du reste, il n'est pas besoin de ces spéculations de l'esprit pour se convaincre qu'une cause bien plus puissante que la superposition des coulées de lave a participé à donner au Vésuve sa forme imposante et majestueuse. Les phénomènes qui accompagnent presque chaque éruption nous prouvent, en effet, que plusieurs des petits cratères, par lesquels la lave s'est fait jour, sont le produit d'un véritable soulèvement. Les gaz qui se sont échappés au commencement de ces éruptions ont occasionné d'abord une espèce d'ampoule en soulevant les coulées antérieures ; cette ampoule s'est ensuite affaissée, puis s'est crevée à son sommet, et la lave s'est déversée presque toujours par un seul côté. Le cône présente alors une gouttière naturelle par laquelle

---

suve était loin d'avoir sa hauteur actuelle ; on peut ajouter que la pointe du Palo, qui doit s'être formée depuis l'époque de Mazaniello, est composée de nappes de laves inclinées, qui, si elles n'ont pas été soulevées, devraient avoir coulé de la cime d'un cône beaucoup plus élevé que le sommet actuel du Vésuve. Cela supposerait, dans la hauteur du cône du Vésuve comparé au repère fixe de la Somma, des variations considérables et rapides dont l'histoire ne fait pas mention.

sort toute la masse en fusion. Les parois de ces petits cônes ont donc été formées aux dépens de coulées plus anciennes. Il existe, il est vrai, une identité complète entre la roche qui constitue les petits cônes, et celle qui s'est écoulée par leur bouche, néanmoins le phénomène est le même que lorsque des nappes trachytiques, ou même des couches calcaires ont été élevées circulairement par l'apparition au jour de phonolites ou de porphyres. Cette formation de petits cônes par exhaussement paraît avoir également présidé à l'élévation du cône principal. Cette cause, peu apparente pour les personnes qui n'ont fait qu'une simple excursion sur le cratère, est mise dans tout son jour dans les escarpements de la Somma, qui l'entourent circulairement. Cette enceinte de montagnes, regardée par beaucoup de géologues comme l'ancien cratère du Vésuve, est la suite d'un soulèvement assez ancien, ainsi que M. de Buch l'a démontré depuis longtemps. Plusieurs révolutions importantes paraissent avoir eu lieu depuis l'époque où les laves porphyriques qui composent la Somma se sont épanchées en nappes horizontales.

Le ravin, connu sous le nom de Fosso-Grande, si célèbre par les nombreux minéraux que l'on y recueille, est un des points où la constitution du Vésuve est le plus clairement dévoilée.

Ces modifications aux opinions généralement admises sur la constitution géologique du Vésuve, m'ont engagé à réunir dans ce mémoire les différentes observations que j'ai faites sur les terrains volcaniques des environs de Naples, quoique ce pays ait déjà été le sujet de plusieurs mémoires très-intéressants. Je terminerai cette notice par quelques détails sur les circonstances que doit avoir présentées l'éruption qui a enseveli les villes d'Herculanum et de Pompeï, circonstances qui jusqu'ici n'ont pas été mentionnées, et qui me paraissent cependant avoir joué un rôle important dans cette mémorable catastrophe.

Dispositions générales des formations dans les environs de Naples.

La baie de Naples est défendue sur ses côtés par les escarpements à pic du cap Misène et de Sorrente; mais le sol même de la ville est peu accidenté. Il se rattache du côté de Capoue à une vaste plaine que la nature s'est plue à enrichir de ses plus belles productions. La constitution géologique de cette plaine, qui sépare en deux groupes distincts les montagnes qui dominent le golfe de Naples, nous fournit le moyen d'apprécier la manière dont elles se sont formées.

Distribution des formations volcaniques près de Naples.

La pointe de Sorrente, dont l'île de Caprée est le prolongement, est formée d'une chaîne de calcaire jurassique et crayeux, dont la direction E. 20° N., O. 20° S., nous annonce qu'elle est contemporaine des redressements qui ont affecté les terrains tertiaires de la Provence et de la Catalogne. C'est au pied de cette chaîne et au milieu de la plaine de Naples que s'élève le Vésuve.

Le côté Nord de la baie est bordé par une série de collines (*Pl.* 6, *fig.* 1), toutes formées du même terrain que la campagne de Naples; leur élévation est due en partie à la présence des trachytes qui apparaissent de distance en distance dans les champs phlégréens : ces trachytes constituent une bande qui se prolonge depuis la Solfatare jusqu'à l'île d'Ischia, et quoiqu'ils se montrent au jour seulement dans quelques points, partout leur influence s'est fait sentir. Les contournements prononcés des couches de tuf ponceux de la pointe de Nisita, du cap Misène et de l'île de Procida, nous décèlent sa présence. Le groupe de collines qui constituent les champs phlégréens s'élève au milieu de la plaine; il est, ainsi que le Vésuve, isolé de toutes parts. Ce côté de la baie de Naples a été également en proie aux feux volcaniques modernes, le Monte-Nuovo, placé entre Pouzzol et le cap Misène, et dont l'exhaussement eut lieu en 1538, présente aussi une coulée de laves. L'île d'Ischia, ravagée

à plusieurs reprises par des éruptions violentes longtemps avant l'érection du Vésuve, en a éprouvé une dernière en 1301 ; il s'est écoulé du flanc du mont Epoméo, qui forme le centre de cette île, une coulée de laves qui a parcouru une distance d'environ deux milles avant d'arriver à la mer.

Il résulte de cet exposé de la disposition des terrains volcaniques dans les environs de Naples que, pour connaître leur relation, il est nécessaire d'examiner successivement le terrain qui forme la campagne de Naples, les collines trachytiques des champs phlégréens et le groupe du Vésuve composé de la Somma et du Vésuve proprement dit. Ces deux montagnes, étant distinctes par la nature de leurs roches et les phénomènes dont elles sont le résultat, seront décrites chacune dans des chapitres séparés.

Cet ordre de description qui est en rapport avec l'âge géologique des terrains des environs de Naples, aura en outre l'avantage de rendre plus facile à saisir la formation de chacun d'eux.

1° Nature géologique du terrain de la campagne de Naples.

Le sol de la ville de Naples est composé d'un tuf ponceux, régulièrement stratifié, alternant avec des couches marneuses. On peut étudier la

nature de ce tuf dans Naples même, où il ressort dans plusieurs points; mais il est plus développé dans la colline du Pausilippe, célèbre par la grotte ou galerie qui la traverse et va rejoindre la route de Pouzzol. Ce terrain présente partout une grande uniformité de composition; ce fait est très-important à bien constater, parce que c'est de la présence du tuf et de l'inclinaison de ses couches que découle la preuve la plus évidente de la formation des champs phlégréens et du soulèvement de la Somma.

Nature du tuf du Pausilippe.

Le tuf du Pausilippe est composé presque uniquement de débris de trachyte à plusieurs états. On y distingue des fragments de différentes grosseurs, réunis par une pâte qui les cimente; cette pâte est de même nature que les fragments, elle est composée, comme la plupart des argiles, des parties les plus fines qui ont été longtemps suspendues dans l'eau, et qui prennent de l'homogénéité par suite du degré de ténuité de chacune d'elles. Elle fond avec facilité en un émail blanc analogue à celui que donnent les substances classées généralement sous le nom de feldspath. Cette pâte est ordinairement peu abondante, et les fragments paraissent soudés entre eux; cependant, quelques couches en sont presque uniquement composées, elles ressemblent alors aux couches d'argile, si fréquentes dans les terrains tertiaires.

La plupart des fragments qui entrent dans la composition de ce tuf sont de pierre ponce; quand ces fragments ont une certaine grosseur, la ponce a quelque solidité et pourrait être employée dans les arts. On voit des fragments de cette nature en montant au couvent des Camaldoli; ils sont surtout très-abondants dans le tuf d'Ischia, à peu de distance de Santo-Montano. Au premier abord, j'ai cru que ces ponces appartenaient à une déjection ignée, mais elles sont disséminées dans la masse du tuf, composé dans cette localité d'éléments très-gros. Outre la ponce qui forme la base et constitue presqu'à elle seule cette roche, on y trouve des galets assez nombreux de trachyte, quelques galets de roches anciennes et de calcaire gris; ces derniers, en général peu fréquents, existent avec abondance à l'île d'Ischia, dans la descente de Fontana vers le Monte-Imperatore : leur nombre était si grand, que nous avons cru quelques instants que le terrain calcaire de la pointe de Sorrente se montrait dans cet endroit, mais nous avons ensuite observé ces fragments disséminés dans la masse même du tuf.

Galets calcaires dans le tuf.

Le trachyte disséminé en galets dans le tuf est généralement de couleur foncée; il contient des cristaux très-éclatants de feldspath vitreux rarement maclés; on trouve également des fragments de trachyte dans les escarpements du

Pausilippe; mais ils sont surtout très-abondants dans le tuf d'Astroni; leur pâte, en partie vitreuse, est très-fragile.

Le tuf présente fréquemment des cavités plus ou moins grandes, de six pouces à deux pieds de hauteur, presque toujours allongées dans le sens vertical, à la manière des tuyaux de cheminées. Ces cavités sont nombreuses dans le tuf de Naples même, et dans celui qui forme les escarpements de la grande route de Nisita; leur parallélisme porte naturellement à penser qu'elles ont été formées par des dégagements abondants de gaz qui traversaient la masse encore peu solidifiée.

Stratification régulière du tuf ponceux.

Le tuf ponceux forme des couches régulières sur une grande longueur. La variété de couleur de ses couches, la différence de grosseur et de nature des fragments qui le composent donnent la facilité de distinguer, même de loin, la stratification régulière de ce terrain. Souvent la séparation des strates s'observe distinctement, les plans des couches, quoiqu'un peu ondulés, étant presque horizontaux, tandis que les strates sont fortement inclinées (*fig.* 2, *Pl.* 6). Ces différentes circonstances sont très-marquées dans la descente de la grande route qui longe le Pausilippe et conduit à Nisita. Le tuf y forme deux assises distinctes, reposant l'une sur l'autre à stratification discontinue; la surface de l'assise inférieure avait été dégradée avant le dépôt

de la supérieure. Cette disposition pourrait peut-être faire croire qu'une partie du tuf a été remaniée à une époque récente, mais il est intercallé régulièrement dans les autres couches, et a par suite la même origine.

Dans cette partie de la côte de Pausilippe, les couches inférieures contiennent des fragments solides et nombreux, la plupart de trachyte vitreux foncé : parmi ces fragments nous en avons trouvé plusieurs composés d'albite et d'amphibole à texture granitoïde.

Sous le rapport des caractères extérieurs, le tuf de cette localité présente deux variétés très-distinctes. L'une est composée presque entièrement de fragments de ponce, dans lesquels le tissu fibreux est marqué; l'autre, à grains extrêmement fins, possède un tissu presque aussi compacte que les argiles ; elle contient une assez grande quantité de petits points noirs, qui sont des fragments de trachyte ; ces deux variétés de tuf alternent un assez grand nombre de fois par couches de six pouces à un pied de puissance.

La régularité de la stratification du tuf des environs de Naples conduit naturellement à le classer parmi les terrains de sédiment déposés à la manière des terrains tertiaires; la seule différence qu'il présente avec ces terrains, c'est qu'il est formé aux dépens des épanchements trachytiques.

Les inductions que nous fournit la stratification du tuf sur son origine, se changent en certitude par la présence des corps organisés qu'il renferme. Je n'en ai pas trouvé personnellement; mais j'ai vu dans la collection de M. le chevalier Monticelli, à Naples, des huîtres, des cardium et des peignes, provenant du tuf exploité dans les carrières ouvertes dans la colline du Pausilippe. M. Pilla a également recueilli une grande huître et un gros pétuncle lisse au château St-Elme, qui domine la ville de Naples. Les huîtres et les cardium sont analogues à des espèces vivantes ; quant aux peignes, ils m'ont paru plus anciens, et pourraient bien n'être que des galets provenant des montagnes calcaires des environs de Naples.

Coquilles fossiles dans le tuf ponceux.

M. Poulett-Scrope (1) indique dans ce tuf des huîtres, des cardium, des buccins et des patelles, dont des analogues vivent actuellement dans la Méditerranée. J'aurai occasion de montrer bientôt qu'on retrouve ces fossiles dans plusieurs autres points, et notamment dans le tuf de l'île d'Ischia.

M. Monticelli possède en outre des fragments de bois encastrés dans le tuf, à la manière des galets; la couleur de ces fragments est un gris jaunâtre clair, ils ont perdu leur consistance et

(1) *Geological Transactions*, vol. II, 3e partie, p. 351, seconde édition.

s'écrasent facilement entre les doigts, à la manière des bois pourris.

Une circonstance que je n'ai pas encore mentionnée, c'est que dans quelques couches de tuf, principalement dans les couches argileuses, on trouve des nodules arrondis et concentriques plus durs que la masse; ces nodules ont de l'analogie avec ces espèces d'oolites grossières, si fréquentes dans les terrains tertiaires du midi de la France. Cette disposition est ordinairement le résultat de concrétions, et semblerait indiquer que les eaux qui déposaient mécaniquement le tuf tenaient en outre en dissolution des substances capables d'agglutiner les parties ténues qui étaient en suspension. J'ai trouvé cette variété de tuf aux Camaldoli, à la Solfatare, à Ischia, et même sur les pentes de la Somma. J'appuie sur cette circonstance, en apparence peu importante, parce qu'elle établit de l'identité entre les tufs de ces différentes localités, et qu'elle nous montre d'une manière incontestable que tous les tufs des environs de Naples ont été formés dans les mêmes circonstances, quelle que soit la hauteur à laquelle ils sont maintenant placés.

Nodules concrétionnés dans le tuf.

Le tuf qui forme les pentes de la Somma est exactement le même, il présente seulement des circonstances particulières que je ferai connaître lorsque je décrirai ce vaste rempart du Vésuve.

Le tuf du Pausilippe, en couches presque horizontales près de la mer, se relève par une pente insensible vers la montagne des Camaldoli; souvent la stratification de cette roche a éprouvé des dérangements assez marqués. Aux Camaldoli, la pente des couches qui regardent le sud est de 12°. A Astroni, les couches plongent de 13° à 14° vers l'extérieur du cirque; mais c'est surtout à l'île de Nisita, au Cap Misène (*Pl.* 6, *fig.* 5) et à l'île de Procida que ce terrain a éprouvé de grandes dislocations; les couches y sont aussi fortement contournées que celles des terrains de transition, on les voit dans un espace de quelques toises plonger à plusieurs reprises dans des sens inverses.

Variétés de tuf ponceux de l'île d'Ischia.

Pour donner une idée plus complète de la nature et de la disposition du tuf ponceux, j'ajouterai, aux détails que je viens de donner sur le sol de la campagne de Naples, quelques mots sur le tuf de l'île d'Ischia, où cette roche se montre sur une grande épaisseur, et avec quelques variations de texture. Le mont Epoméo, qui occupe le centre de cette île, et dont la hauteur est environ de 2.605 pieds (1), en est presque uniquement composé; ses couches sont inclinées de 14° à 15°; les ravins qui descendent de cette montagne coupent les différentes couches du tuf, et nous montrent la grande

(1) Mesuré géométriquement par Visconti.

uniformité de cette formation; le tuf y est en général à grains assez fins, et dans beaucoup de localités il présente les caractères extérieurs de l'argile. La succession des couches de tuf variant d'un point à un autre, je me contenterai de décrire minéralogiquement ses principales variétés; mais je dois faire observer que des couches contenant des fragments de ponce, ayant encore un tissu fibreux bien prononcé, alternent à plusieurs reprises avec des couches argiliformes; on voit cette alternance répétée un assez grand nombre de fois dans le sentier qui conduit de Fontana à l'ermitage placé sur le point culminant du mont Epoméo; il résulte de cette alternance, que toutes les couches sont contemporaines et formées dans les mêmes circonstances, seulement quelques-unes paraissent avoir éprouvé certaines modifications par l'action des trachytes qui les ont traversées dans différents sens, et s'y sont quelquefois infiltrés.

J'ai déjà annoncé que, sur la route d'Ischia à Lacco, on trouve un tuf contenant de nombreux fragments de pierre ponce solide; on le voit dans beaucoup d'autres points de l'île, et notamment près du village de Santo-Montano. Cette variété, toujours peu aggrégée et ayant une apparence moderne, est loin d'y être abondante; il en existe plusieurs autres que nous allons faire connaître.

(*a*) La plus ordinaire est à grains fins, elle

présente un assez grand nombre de cavités dans lesquelles on reconnaît facilement des parties fibreuses s'écrasant entre les doigts. Ce sont des fragments de ponce altérée, ne conservant plus aucune solidité; la couleur de ce tuf est d'un blanc grisâtre, les parties fibreuses sont souvent un peu jaunâtres : la pâte et les fragments ponceux, dont le tissu est visible, fondent également au chalumeau en un émail transparent, après avoir éprouvé un boursouflement; cette identité de caractères chimiques, entre deux parties en apparence différentes de la même roche, confirme l'opinion que le tuf est entièrement formé de débris de ponces, dans un état de ténuité différent, et peut-être aussi diversement altérés par les acides; il contient quelques lamelles de mica noir, des grains de feldspath lamelleux, et des petits cristaux de fer oxidulé, disséminés dans la pâte même du tuf. Ces différentes substances proviennent toutes de la destruction de roches trachytiques aux dépens desquelles le tuf est formé; souvent même cette roche renferme une assez grande quantité de petits fragments de trachyte, que leur couleur foncée pourrait faire prendre pour du quartz noir. La pente ouest du mont Epoméo, depuis Foria jusqu'au plateau placé au pied de son dernier escarpement, est composée de cette roche; le tuf de l'ermitage est plus grossier et les frag-

ments de ponce qu'il contient, sans être aussi solides que près de Santo-Montano, sont néanmoins très-visibles; il ressemble alors complétement au tuf du Pausilippe, il est, comme cette roche, d'un gris verdâtre clair; outre les petits fragments de trachyte que nous avons signalés au milieu du tuf, on y trouve fréquemment des blocs assez considérables, lesquels, ayant préservé de l'action atmosphérique les parties qu'ils recouvrent, forment des espèces de chapiteaux.

(*b*) Quelquefois le tuf est à grains fins, on n'y voit plus alors aucune trace de ponce et il est complétement homogène: par sa couleur et sa consistance il ressemble entièrement à de la craie, il tache les doigts comme cette roche, mais il ne fait aucune effervescence; c'est principalement dans cette variété de tuf que l'on a trouvé des coquilles près de Fontana. Lorsque la dureté du tuf augmente, il prend alors une texture beaucoup plus serrée; sa cassure, quoique terreuse, devient unie et légèrement conchoïde, à la manière du calcaire d'eau douce, souvent même il présente des petites cavités, comme cela est assez habituel dans ce calcaire. Parmi ces roches compactes on en trouve à peu de distance de la Sentinella, qui possèdent une assez grande dureté et se cassent en fragments aigus. Quoique ce tuf soit d'un grain très-homogène, cependant on y remarque des

parties d'un gris plus foncé qui donnent à la roche une apparence de brèche.

(*c*) Le tuf ponceux devient assez fréquemment feuilleté, il contient alors quelques paillettes de mica, disséminées principalement à la séparation des feuillets. Cette circonstance donne à cette roche de la ressemblance avec certains grès.

(*d*) Une autre variété, qui forme plusieurs couches entre Casamicciola et Lacco, et qui se retrouve avec quelqu'abondance sur la pente sud du mont Epoméo, entre Fontana et Serrara, est composée de nodules grossiers, terreux, blanc grisâtre, agglutinés par un ciment de même nature; les nodules ont une dureté supérieure à celle de la pâte qui les réunit et à la plupart des autres variétés de tuf, cependant on n'y découvre aucun indice d'état cristallin; cette roche a l'apparence d'une pisolite grossière, elle est analogue à certaines concrétions qui se font dans les eaux incrustantes. Les nodules varient de grosseur, ordinairement ils sont gros comme des pois. Cette variété contient quelquefois des fragments de ponce jaunâtre et altérée.

(*e*) Enfin, nous avons trouvé, au pied de l'escarpement supérieur du mont Epoméo, une roche entièrement analogue à la brèche alunifère du Mont-Dore; sa pâte est d'un gris-clair; les cavités nombreuses qu'elle présente sont tapissées de pe-

tites parties de soufre et de cristaux imparfaits, blanchâtres, analogues aux cristaux d'alunite. Cette roche contient en outre des parties compactes blanches, qui sont de la pierre d'alun et des cristaux de feldspath.

Cette pierre alunifère m'a paru former une couche comme les différentes variétés de tuf, cependant son gisement n'est pas certain; il se pourrait qu'elle constituât seulement un filon en rapport avec le trachyte qui sort dans différents points de la montagne.

Le tuf est, dans quelques circonstances, traversé par des veinules de calcédoine grossière, dont on ne reconnaît la structure concrétionnée qu'au moyen d'une forte loupe.

Les différentes variétés de tuf alternent ensemble à plusieurs reprises; elles forment des couches minces et bien réglées, sur de grandes longueurs; elles présentent en outre constamment des passages des unes dans les autres. L'on voit sur la pente sud de l'Epoméo, si remarquable par les ravins profonds et nombreux qui la sillonnent, les tufs les plus grossiers, qui paraissent au premier abord avoir été remaniés très-récemment, devenir à grains plus fins et passer à des tufs tout à fait sédimentaires; du reste, toutes ces variétés renferment des fragments nombreux de pierre ponce, et on les trouve répandues indistinctement dans les couches blan-

Alternance réitérée des différentes variétés de tuf.

ches à grains fins et dans celles dont la structure est oolitique ; enfin, toutes ces roches sont fusibles en un émail blanc, transparent et bulleux ; leur composition est donc analogue, et fournit une preuve de plus de leur identité, malgré quelques différences dans leurs caractères minéralogiques. Les tufs contiennent tous indistinctement une certaine quantité de fer oxidulé répandu dans la masse, en particules fines et invisibles ; on trouve ce minéral en assez grande abondance dans les ravins qui descendent du mont Epoméo, surtout après une pluie un peu forte ; le fer oxidulé étant lourd se dépose dans les différentes anfractuosités de ces ravins, sous l'état de sable très-fin, tandis que les parties terreuses sont entraînées plus loin par les eaux qui les tiennent en suspension.

Le tuf de Sorrente, qui est, comme celui de Naples, composé de pierre ponce à des états de trituration différents, et qui seulement est fortement coloré par de l'oxide de fer, ce qui n'influe du reste en rien sur sa nature, offre en outre une circonstance importante, c'est que les couches ponceuses alternent à plusieurs reprises avec des couches de galets calcaires. J'ai déjà mentionné les galets calcaires dans le tuf de l'île d'Ischia, mais non pas en couches réglées.

Couches de galets calcaires dans le tuf ponceux.

La présence de couches de galets au milieu

des couches ponceuses, vient confirmer l'opinion que le tuf des environs de Naples est une roche de sédiment, comparable aux terrains tertiaires, opinion appuyée sur la stratification régulière de ce tuf et sur l'existence des fossiles que je vais énumérer. La similitude de composition des différentes variétés de tuf, leur identité dans la manière de fondre au chalumeau, font penser qu'ils sont formés des mêmes éléments, et que leur différence minéralogique tient seulement à l'état de ténuité ou d'altération de leurs parties constituantes, et à des circonstances particulières qui ont accompagné leur dépôt.

Le tuf de l'île d'Ischia contient des fossiles comme celui du Pausilippe; M. Lyell, dans son Traité de géologie (1), annonce en avoir recueilli dans plusieurs points de cette île : 1° à peu de distance de l'escarpement supérieur du mont Epoméo, environ à 610 mètres au-dessus de la mer; 2° à 30 mètres plus bas environ et sur la pente ouest de cette montagne; 3° près de la tour de Moropano; enfin, il en a trouvé dans plusieurs points du rivage près Casamicciola; ces fossiles étaient tous disséminés dans des couches régulièrement stratifiées de tuf et de l'argile qui alterne avec cette roche. Ces coquilles sont analogues à

(1) *Principles of geology*, vol. III, p. 126.

Fossiles dans le tuf d'Ischia.

des espèces qui vivent encore dans la Méditerranée; la seule différence, qu'elles présentent avec ces dernières, consiste dans leurs dimensions, généralement plus grandes; cette circonstance résulte probablement de l'état du globe au moment où elles ont été enfouies dans les couches de tuf. Ces fossiles, qui se rapportent à 32 espèces différentes, d'après la détermination qu'en a faite M. Deshayes, avaient déjà été recueillis dans les argiles de l'Astésan, ainsi que dans les terrains tertiaires de la Sicile. Je vais transcrire les noms de ces différents fossiles, d'après la liste donnée par M. Lyell.

Liste des fossiles recueillis par M. Lyell *dans le tuf ponceux d'Ischia, et déterminés par* M. Deshayes.

Solen coarctatus.	Brochi.	*Melania Cambessadesi.*	Pay.
Lucina lupinus.	Bro.	*Natica Guillemini.*	Pay.
Venus radiata	Bro.	— *Valenciennesi?*	Pay.
— *verrucosa.*		*Trochus magnus.*	
Cardium sulcatum.		— *conuloides.*	
— *edule.*		— *crenulatus.*	
Pectunculus violascescens.		*Trochus*, espèces nouvelles.	
— *pilosus.*		*Cerithium Latreillii.*	Pay.
Arca, espèces nouvelles.		— *vulgatum.*	
— *Quoyi?*	Payraudeau.	— *doliolum.*	Pay.
Nucula margaritacea.		— espèces nouvelles.	
Pecten varius.		*Turitella terebra.*	
— *Jacobæus.*		— *duplicata.*	
— *Dumasii.*	Pay.	*Rostellaria pes pelicani.*	
— *opercularis.*		*Buccinum prismaticum.*	Bro.
Dentalium novem costatum.		*Cypræa lucida.*	

Nous avons vu en outre, dans la collection de M. Pilla à Naples, des pétoncles (*P. pilosus*),

des nucléolites, et des turitelles (*T. terebra*?), qu'il avait recueillis dans le vallon de Mezza-Via, un peu au-dessous de Lacco, dans une couche de tuf contenant des fragments de ponce, dont le tissu fibreux est bien caractérisé; M. Pilla possède en outre des cérites qu'il a trouvées à la Marina-del-Castiglione, dans une couche de lapilli et de cendres.

Il existe également à l'île d'Ischia des fossiles dans l'argile bleue subapennine, qui se montre en quelques points, notamment près de Casamicciola, où elle est exploitée pour poteries; il ne faut pas les confondre avec les coquilles qu'on trouve au milieu du tuf ponceux; ces deux terrains, quoique appartenant l'un et l'autre à la partie supérieure des terrains tertiaires, paraissent cependant d'un âge différent, ainsi que nous l'indiquerons dans quelques lignes.

Depuis la lecture que j'ai faite de ce mémoire à l'académie en novembre 1835, M. L. Pilla a recueilli des coquilles fossiles dans le tuf ponceux de la Somma : cette découverte fournit une preuve de plus de ce fait, que ce tuf, considéré en lui-même et indépendamment de la position qu'il occupe, est identique avec celui des Champs-Phlégréens. M. Pilla les a trouvées « dans un tuf argileux et une espèce de trass mis à nu dans une des échancrures du *Fosso-Grande*. Ces

coquilles sont le *Turitella terebra*, *Cardium ciliare*, *Corbula gibba*, et un *oursin* non entier. Ces espèces se rapportent comme celles d'Ischia aux terrains subapennins (1). »

Ossements fossiles dans le tuf ponceux.

Outre les coquilles, le tuf ponceux contient, dans certains points, des débris de grands animaux. M. Bertrand-Geslin a découvert une grande quantité d'ossements dans le tuf même des environs de Naples, sur la côte de Sorrente; ces ossements lui ont paru en tout semblables à ceux qui existent en si grande abondance dans les terrains subapennins. On sait en outre qu'il existe dans le tuf de Rome, qui correspond à peu près à celui de Naples, des ossements de baleines, d'éléphants et d'hyppopotames.

Age du tuf ponceux.

Il reste maintenant une question intéressante à étudier, c'est l'âge géologique de ce tuf; je ne possède pas de preuves positives pour faire cette détermination avec exactitude; mais différentes considérations me font présumer qu'il est contemporain ou peu postérieur aux terrains tertiaires supérieurs. La présence d'un grand nombre de coquilles identiques avec celles qui vivent actuellement dans la Méditerranée, ne permet pas de

(1) Ce passage est extrait d'une lettre écrite par M. Pilla à M. Elie de Beaumont, et communiquée à l'académie des sciences dans sa séance du 3 avril.

le considérer comme plus ancien que les terrains subapennins; les ossements de grands animaux dont j'ai parlé tendraient également à le faire rapporter à ces terrains, s'il était prouvé que le tuf ponceux de Naples est absolument identique par son âge avec celui de Rome, et que les ossements de Sorrente proviennent d'espèces antédiluviennes et n'ont pas été roulés comme les galets calcaires qui les accompagnent. On pourrait encore être conduit à rapporter ces tufs ponceux à la période subapennine, par la considération de la direction générale des redressements du tuf à l'île d'Ischia et dans les Champs-Phlégréens. Cette direction, en faisant abstraction des soulèvements circulaires dus au trachyte, est à peu près de l'Est 20° N. à l'O. 20° S.; c'est également cette direction qui a présidé à la formation de la côte du Pausilippe, et à l'alignement des collines des Champs-Phlégréens. Cette direction est en effet parallèle à celle de la chaîne calcaire qui, au midi du golfe de Naples, s'étend de l'île de Caprée et du cap de la Campanella, par le mont San-Angelo vers l'E.-N.-E., chaîne que M. Élie de Beaumont, dans ses Recherches sur les révolutions du globe, rapporte au système de la chaîne principale des Alpes (1). Il la regarde par conséquent

(1) Annales des Sciences naturelles, tome 19.

comme immédiatement postérieure aux dépôts subapennins, et aux terrains de transport ancien de la Bresse, aussi bien que la chaîne septentrionale de la Sicile, pour laquelle cet aperçu a été confirmé par les recherches de M. le docteur Christie (1). Mais cette relation dans les directions ne suffit pas pour fixer l'âge de la ligne de soulèvement des Champs-Phlégréens, et permet de la regarder comme plus moderne que la chaîne de San-Angelo. On doit, en effet, remarquer que les lignes d'évents volcaniques sont livrées, pour ainsi dire, à une mobilité perpétuelle, et que la considération des directions ne conserve, comme indication d'âge relatif, qu'une très-faible partie de sa valeur. Le parallélisme de ces deux lignes pourrait bien être un nouvel exemple du fait signalé par M. de Buch, en beaucoup d'autres contrées, d'une ligne volcanique qui a pris naissance au pied d'une chaîne plus ancienne, et parallèlement à sa direction. Cette remarque n'a pas échappé à M. Élie de Beaumont, qui a signalé dans ses leçons, en 1836 et 1837, la possibilité de rapporter les derniers soulèvements qui ont façonné le Vésuve, l'Etna, le Stromboli, et fait naître les autres évents volcaniques du littoral S.-O. de l'Italie, y compris ceux des Champs-Phlégréens, à une épo-

(1) Annales des Sciences naturelles, tome 25, p. 164.

que plus récente que celle du soulèvement de la chaîne principale des Alpes et des derniers courants diluviens. Cette époque coïnciderait peut-être avec les derniers soulèvements indiqués en Morée par MM. Boblaye et Virlet, notamment avec leur système du Ténare, avec des traces de dislocations très-récentes signalées en Provence, il y a quelques années, par M. de Villeneuve, et avec celles observées en Sardaigne par M. de la Marmora. Cette hypothèse, qui aurait l'avantage de rendre compte de la belle conservation des massifs de la Somma et de l'Etna, si peu en rapport avec les ravages que des courants diluviens auraient dû y produire, permettrait encore de rapprocher les tufs coquilliers d'Ischia, des Champs-Phlégréens et de la Somma d'un grand nombre de dépôts coquilliers répandus sur les côtes de l'Océan et de la Méditerranée, de Uddevalle en Suède, des buttes de Saint-Michel-en-l'Herme sur les côtes de la Vendée, et de la presqu'île du Saint-Hospice près de Nice, ainsi que de ceux que M. de la Marmora a désignés sous le nom de quaternaires en Sardaigne et à Majorque, et des côtes de la mer Rouge. Ces dépôts, dont les coquilles sont identiques avec celles des mers voisines, ont été souvent qualifiés de *subfossiles*. Leur composition, aussi bien que leur situation, paraît s'éloigner beaucoup de celle des derniers

dépôts de la période subapennine, caractérisés par des calcaires sableux, jaunâtres, tels que ceux de Syracuse, de Livourne et de Montpellier.

Cette classification des tufs ponceux des Champs-Phlégréens parmi les dépôts coquilliers les plus modernes, et à peine distincts de ceux de la période actuelle, semblerait confirmée par leur superposition sur les marnes bleues subapennines; toutefois, comme nous l'avons déjà annoncé, nous ne la présentons qu'avec quelque doute à cause de la ressemblance du tuf ponceux lui-même avec celui de Rome, dans lequel on a trouvé des ossements de grands animaux antédiluviens.

II. Terrains trachytiques *des Champs-Phlégréens.*

Les collines qui bordent la baie de Naples au nord, et dont l'ensemble a reçu le nom de Champs-Phlégréens, sont composées principalement du même tuf ponceux, qui forme le sol de la campagne de Naples. Malgré la disposition conique de la plupart de ces collines, la stratification du tuf conserve sa régularité, seulement ses couches présentent de nombreux contournements, quelquefois aussi brusques que les contournements des terrains qui composent les hautes montagnes; telles sont les couches de tuf de l'île de

Nisita, du cap Misène et de l'île de Procida. Il résulte de cette double circonstance, que ce tuf, d'abord déposé en couches régulières et horizontales, a été soumis depuis sa formation à une cause puissante qui a donné aux Champs-Phlégréens leur relief actuel. L'époque à laquelle elle s'est manifestée est marquée par l'apparition des trachytes. Le plus ordinairement l'action de ces porphyres est seulement indiquée par ses effets; mais à la Solfatare, à Astroni et à Pianura, on voit le trachyte former le noyau même des collines, et les couches du tuf se relever de tous côtés vers ce point central.

L'île d'Ischia, quoique séparée du continent, doit être néanmoins réunie au groupe des Champs-Phlégréens. Le mont Epoméo, qui occupe le centre de cette île, a été soulevé en même temps que les collines des environs de Pouzzol, et ses trachytes ont la même composition. En outre, la direction de la crête d'Ischia et des couches de tuf de l'Epoméo se rapporte aux accidents de stratification des Champs-Phlégréens. On doit également réunir à ce système trachytique les îles Ponces, qui sont dans le prolongement du mont Epoméo, et dont le sol est à la fois trachytique et de tuf ponceux.

Depuis l'apparition des trachytes, les Champs-Phlégréens ont encore été soumis à de grandes perturbations, qui paraissent en avoir changé le

Abaissement et élévation successifs du sol de la Campanie.

niveau à différentes époques. L'abaissement et l'élévation successifs que le temple de Sérapis a éprouvés (1), nous fournissent une preuve depuis longtemps célèbre, des mouvements oscillatoires auxquels le sol de la Campanie a été en proie. L'examen de toute la côte, comprise entre Pouzzol et le cap Misène, prouve également ce fait intéressant pour l'histoire du globe, et qui rend si probable l'élévation successive des continents (2). En plusieurs points de cette côte, et notamment en face de la Punta-Giulio, on voit des constructions romaines à fleur d'eau, recouvertes par une vingtaine de pieds de terrain de transport, régulièrement stratifié, lequel règne sur tout le développement de la baie de Pouzzols (*fig.* 5, *Pl. VI*). Ce terrain moderne ne peut être le résultat des dépôts que font journellement les eaux qui découlent des collines environnantes, et encore moins le produit de pluie de cendres; il faut donc que le sol, d'abord

(1) Je rappellerai que les colonnes du temple de Sérapis, qui sont encore debout, sont percées de trous de pholades à 23 pieds de la hauteur, et qu'elles sont corrodées jusqu'à cette ligne par leur séjour prolongé dans la mer.

(2) M. le professeur Forbes a développé dans un mémoire fort intéressant, inséré dans le tome Ier du Journal de géologie, publié par M. Boué, les preuves des mouvements que le sol a éprouvés dans les environs de Naples.

abaissé au-dessous du niveau de la mer, ait été recouvert par des alluvions, et que plus tard toute la côte ait été portée à sa hauteur actuelle. Le rapport entre l'épaisseur de ce terrain d'alluvion et la hauteur de la partie des colonnes du temple de Sérapis, qui a été submergée, est un rapprochement qui rend cette supposition très-probable.

M. Lyell suppose (1) que la dernière des oscillations que le sol de la Campanie a éprouvées, celle qui a élevé la côte de 23 pieds, et nous a dévoilé l'existence du temple de Sérapis, est contemporaine de l'érection du mont Nuovo, qui eut lieu dans l'année 1538.

Le relief des Champs-Phlégréens est dû au trachyte.

Les collines des Champs-Phlégréens ont la plupart une forme conique; elles sont en outre isolées les unes des autres, de sorte qu'elles paraissent dues à des actions partielles, analogues à celles qui ont produit les monticules d'ophytes: mais si on étudie leur relation, on reconnaît bientôt que leur ensemble présente de longues lignes orientées de l'*est* 20° *N.*, *à l'ouest* 20° *S.*, de même que les terrains stratifiés les plus modernes. La nature de ces collines est simple et uniforme; elles sont composées exclusivement de tuf ponceux en couches régulières; seulement dans plusieurs de ces collines, savoir: aux Camaldoli, à

(1) *Principles of geology*, vol. 2, page 256.

Astroni et à la Solfatare, le centre est occupé par du trachyte, autour duquel se relèvent les couches du tuf. Cette dernière circonstance, que je vais indiquer d'une manière précise, établira la postériorité du trachyte et l'influence de son arrivée au jour sur la formation des Champs-Phlégréens.

Outre les trois localités que je viens de citer, le trachyte forme une avance vers la mer, à la punta Negra, où l'on a établi une caserne pour les forçats. Dans ce point, le trachyte recouvre le tuf, ce qui l'a fait regarder comme très-moderne, mais son identité complète avec le trachyte de Pianura au bas des Camaldoli et plusieurs autres circonstances, montrent qu'il appartient à la même époque. Ce recouvrement fournit une preuve certaine de la postériorité de cette roche ignée, et détruit la supposition que l'on pourrait peut-être faire, que les trachytes d'Astroni, de la Solfatare et de Pianura, constituent des espèces d'îlots autour desquels se sont accumulés les tufs qui les composent.

Colline des Camaldoli.

La colline des Camaldoli est la plus élevée et la plus étendue des Champs-Phlégréens; le point culminant sur lequel est construit le couvent des Camaldoli est à 501 mètres au-dessus de la mer: elle forme une espèce de cirque, qui comprend à peu près les trois quarts de la circonférence d'un

cercle, dont le plus grand diamètre est environ de 3000 mètres. La plaine circulaire, dans laquelle est situé Pianura, a la même forme que cette colline ; elle peut être considérée comme l'intérieur d'un vaste cratère dont le diamètre serait de 1800 mètres. De tous côtés l'escarpement qui entoure la plaine est à pic; on ne peut y descendre que par deux ou trois sentiers très-sinueux, et dont la pente est fort rapide, tandis que les pentes extérieures de ce cirque sont au contraire assez douces, environ de 14 à 16°; elles sont formées par l'inclinaison des couches qui se relèvent graduellement depuis le Pausilippe jusqu'à sa crête; cette disposition est surtout remarquable lorsque, placé sur un des points de la côte opposée, on peut voir à la fois la colline des Camaldoli et celle du Pausilippe. Par suite de cette disposition, on marche constamment sur les mêmes couches en montant de Naples vers les Camaldoli : on recoupe au contraire toutes les couches de cette colline dans la descente vers Pianura, les tranches de ces couches venant successivement se dessiner sur l'escarpement intérieur. Ce tuf est généralement incohérent, il contient des fragments de trachyte noir avec feldspath vitreux, et des pierres ponces quelquefois en morceaux assez gros. La différence de grosseur de ces fragments fournit un caractère pour reconnaître la stratification du terrain, sou-

Relèvement de ses couches vers le point central.

vent cachée sous les débris des couches supérieures : du reste, les carrières ouvertes dans le trachyte, qui forme le pied de l'escarpement, montrent la régularité des couches de tuf ponceux qui le recouvre.

Trachyte à la base de l'escarpement inférieur.

Le trachyte se trouve au niveau de la plaine, et forme l'assise inférieure de l'escarpement; son épaisseur n'est pas connue, le sol des carrières étant trachytique : sa surface supérieure est fort irrégulière, de sorte que sa hauteur varie dans les différentes carrières, et par suite il pénètre dans des couches différentes. Dans l'une des carrières que j'ai visitées, le trachyte pouvait avoir 8 mètres de puissance; il est recouvert immédiatement par le tuf ponceux, dont on voit plusieurs couches profiler dans l'escarpement; ces couches plongent d'environ dix degrés au N. 15° E., c'est-à-dire vers l'extérieur de la colline. Le trachyte qui forme ainsi le bas de l'escarpement, et que l'on désigne dans le pays sous le nom de *Piperno*, a des caractères tout à fait particuliers : quoique solide, il est composé de fragments de trachyte agglutinés par une pâte de même nature. Les fragments présentent cette circonstance particulière, qu'ils sont parallèles entre eux et allongés dans le sens de la stratification du tuf ponceux; le trachyte est lui-même un peu schisteux à la manière des phonolites, ce qui le rend facile à exploiter et d'un emploi avantageux dans les

Du Piperno.

constructions. Les fragments ne peuvent se détacher de la pâte; ils y sont parfaitement soudés, et même ils s'y ramifient, de sorte qu'en réalité ils ne forment que des taches que M. de Buch compare à des flammes; la couleur de ces fragments est plus foncée que celle de la masse. Il existe également quelque différence entre leur composition et celle de la pâte, du moins quant aux caractères extérieurs. Les fragments sont complétement cristallisés, et contiennent de nombreux cristaux de feldspath vitreux. La pâte possède un tissu beaucoup moins serré, et les cristaux de feldspath y sont plus rares.

Couches de fragments au contact du trachyte.

La couche immédiatement supérieure au trachyte est chargée d'une quantité beaucoup plus considérable de fragments qu'il est habituel d'en trouver dans le tuf (*fig.* 6, *Pl. VI*); elle paraît au premier abord en être presque exclusivement composée. Les fragments de trachyte noir à cristaux blancs de feldspath sont plus nombreux que ceux de ponce; il semble que ces fragments ont été amenés du bas par le trachyte, à la surface duquel ils auraient flotté, tandis que les parties fines du tuf auraient été fondues par la masse ignée. Les taches noires qui distinguent le piperno seraient alors probablement aussi des fragments du tuf, empâtés par le trachyte, dont les bords auraient éprouvé un ramollissement

suffisant pour les souder avec la masse trachytique lorsqu'elle s'est refroidie. L'épaisseur de la couche de débris est à peu près de 1^{m}.50; au-dessus viennent des couches régulières de tuf, qui ne se distinguent en aucune façon de celles du Pausilippe et même de la Somma.

La plaine de Pianura, qui peut être considérée comme le fond du vaste cratère de soulèvement des Camaldoli, est encore très-élevée au-dessus de la mer : elle forme un premier étage, au pied duquel est placé le lac d'Agnano. Après avoir traversé cette plaine, on descend pendant longtemps encore pour arriver aux Astroni. Les couches de tuf ponceux que l'on traverse (*fig.* 1, *Pl. VI*) plongent vers l'extérieur de la plaine sous un angle de 10° environ ; l'arc de cercle qui la termine peut donc être regardé comme formant le complément de la circonférence du cratère, dont les bords ont été irrégulièrement soulevés, mais de tous côtés les couches qui l'environnent se relèvent graduellement vers un point qui serait placé au centre de cette vaste plaine.

Astroni. La colline d'Astroni a la forme d'un cône tronqué très-surbaissé, dont le centre est occupé par une cavité profonde en entonnoir; sa base est environ de 2400 mètres; le diamètre de sa crête circulaire est de 1300 mètres. Les pentes extérieures de cette colline sont assez douces, tandis qu'intérieurement

elle présente des escarpements presqu'à pic, et l'on ne descend dans cette vaste cavité que par une seule rampe pratiquée en corniche sur ses parois. Le centre de cet entonnoir est occupé par un monticule arrondi, d'environ 70 mètres de haut, sur les côtés duquel existent deux petits lacs alimentés seulement par les eaux pluviales. La composition de cette colline est identique avec celle du Pausilippe et des Camaldoli; elle est exclusivement formée de couches de tuf ponceux mélangé d'une très-grande quantité d'un trachyte vitreux noir, espèce d'obsidienne, contenant des cristaux de feldspath blanc. La stratification de ce tuf est prononcée, on y observe même une disposition commune à la plupart des roches arenacées, qui consiste à présenter des strates obliques au plan des couches. A l'entrée, les couches plongent de 12 à 14° au S. 20° E., et dans chacun des points de cette enceinte l'inclinaison change et se dirige dans le même sens qu'une génératrice du cône qui passerait par ce point. Nulle part on ne voit de coulées de laves : l'uniformité de composition n'est altérée que par la présence du trachyte, qui forme le petit monticule placé au centre de la cavité. Cette circonstance donne au cratère d'Astroni une ressemblance complète avec Santorin et le Cantal.

Les couches de tuf se relèvent circulairement.

Le trachyte forme un monticule au centre.

Le trachyte affecte des caractères assez variés :

ses parties extérieures, généralement blanchâtres et dures, présentent quelquefois des taches plus foncées, comme à Pianura; seulement ces taches, répandues d'une manière irrégulière, ne donnent pas à la roche la structure schisteuse. Sur la masse, qui est d'un gris foncé, se détachent de nombreux cristaux de feldspath blanc : leur cassure est très-lamelleuse, ils ne sont pas traversés, comme le feldspath du Mont-Dore, par une infinité de petites fentes qui le font désigner sous le nom de feldspath vitreux.

L'inclinaison régulière des couches du tuf d'Astroni ne permet pas de regarder cette colline comme formée par des éruptions de matières boueuses, ou par l'accumulation de cendres produites à différentes époques : la seule manière de concevoir sa formation est de supposer que les couches de tuf, d'abord horizontales, comme on l'observe encore dans une partie de la campagne de Naples, ont été soulevées circulairement par l'arrivée du trachyte. Le monticule que j'ai signalé dans l'intérieur même du cratère (*fig.* 8, *Pl. VI*), nous révèle l'existence de cette roche et son mode d'action.

Solfatare. La Solfatare nous offre un autre exemple très-remarquable d'une montagne conique présentant au centre une vaste dépression en entonnoir, dont le pourtour est formé de couches régulièrement

stratifiées (*fig.* 10, *Pl. VI*), tandis que le centre est occupé par des masses de trachyte sans connexion avec le massif principal de la montagne; de sorte qu'au premier examen on reconnaît que ces deux parties distinctes doivent leur origine à des causes différentes. La Solfatare s'élève presque immédiatement sur le bord de la mer; elle est isolée de toutes parts; cependant les couches du tuf dont elle se compose se rattachent par une pente douce aux couches du Pausilippe et des environs du lac d'Agnano, qui se relèvent vers le massif trachytique central. Le diamètre de sa circonférence est d'environ 1400 mètres, et son cirque intérieur peut en avoir 520 de large. Sa crête ne se tient pas à une hauteur uniforme, elle s'abaisse fortement du côté de Pouzzol, située au pied même de cette colline, et du côté de l'échancrure qu'elle présente. Son point culminant, élevé au-dessus de la mer de 200^{m}.75, est de trachyte altéré; cette roche se trouve principalement dans l'intérieur du cratère, dont elle constitue la plus grande partie de l'escarpement, sans toutefois s'élever jusqu'au sommet. Il en résulte que le trachyte, qui forme le point le plus élevé de la Solfatare, est séparé de la masse principale par une certaine portion des couches de tuf. Cette circonstance particulière sert encore à montrer la manière dont le trachyte est arrivé au jour et a pénétré dans le errain préexistant.

Trachyte au centre.

Le tuf ponceux de la Solfatare est de même nature que celui du Pausilippe, des Camaldoli et d'Astroni; je n'en donnerai donc pas une nouvelle description, je dirai seulement que près du sommet il présente une couche composée en grande partie de petits nodules arrondis, semblables à des pisolites (*fig.* 9, *Pl. VI*). Ces nodules, dont il est difficile de comprendre la formation autrement que par l'action des eaux, sont identiques avec ceux que nous avons indiqués dans le tuf ponceux des environs de Lacco (île d'Ischia), où la régularité de la stratification et la présence des fossiles montrent l'origine neptunienne. Les couches du tuf qui forme le pourtour du cratère de la Solfatare se relèvent circulairement autour de la masse de trachyte, sous un angle de 15 à 16 degrés. Les maisons de campagne placées sur la crête de l'escarpement, desquelles on découvre une assez grande partie de la Solfatare, sont les deux points où l'on observe le plus facilement cette disposition circulaire.

Disposition des couches de tuf.

Le trachyte de la Solfatare est à l'état de conglomérat : je n'ai vu nulle part de masse de trachyte comparable à celle qui occupe le centre du cratère d'Astroni : néanmoins, dans les parties moins altérées par les vapeurs acides, on y observe des cristaux de feldspath. Le trachyte qui forme le point culminant dont j'ai parlé est de

Nature du trachyte de la Solfatare

cette nature; on en trouve également dans le sentier qui descend aux exploitations des terres alunifères. La cavité cratériforme de la Solfatare est ouverte dans ce conglomérat trachytique; mais cette roche, complétement altérée par les vapeurs acides, est devenue blanche et friable; on n'y aperçoit plus de cristaux de feldspath; elle a quelque analogie avec les roches alunifères de la Tolfa; mais elle présente cette grande différence, qu'elle donne de l'alun par la seule lessivation, tandis qu'il faut griller l'alunite de la Tolfa.

Dégagement de vapeur d'eau et de soufre.

Il se dégage du conglomérat trachytique de la Solfatare de l'eau en vapeur, quelquefois en telle abondance qu'on s'en sert comme moyen de chauffage. Elle est mise à profit, dans l'usine où l'on fabrique de l'alun, pour l'évaporation des eaux de lessivage. Il se dégage également du soufre, mais seulement en quelques points; on en recueille vers la cime de l'escarpement Ouest, dans des cavités pratiquées à l'endroit même où sortent les vapeurs sulfureuses; il s'en condense également dans la cheminée qui conduit la vapeur d'eau à l'usine d'alun. La plus grande partie du soufre que l'on exploite à la Solfatare provient de la distillation des terres argileuses qui forment le fond même du cratère : cette substance y a été déposée, ou peut-être s'y dépose encore par les vapeurs d'eau qui les traversent sans cesse et qui

sont chargées d'acide hydrosulfurique; les terres de la Solfatare contiennent donc le soufre sous forme de petits filons qui pénètrent la masse dans tous les sens, circonstance qui oblige de la soumettre indistinctement à la distillation; on exploite ces terres au moyen de petits puits semblables à ceux que l'on emploie habituellement dans l'extraction des minerais de fer d'alluvion; on pousse ces puits jusqu'à 40 pieds : on nous a dit qu'on s'arrêtait à cette profondeur parce que, plus bas, on était gêné par la chaleur due à la grande quantité de vapeur d'eau qui s'échappait.

L'état actuel de la Solfatare remonte probablement à l'époque même de l'éruption trachytique, du moins les documents historiques les plus anciens nous dépeignent cette montagne comme paraissant déjà, même avant l'ère chrétienne, un volcan éteint, duquel il se dégageait seulement des fumaroles.

La dernière localité où le trachyte s'est fait jour dans les Champs-Phlégréens est située au pied même de la Solfatare, à la pointe dite Punta-Negra (*fig.* 11, *Pl. VI*) : d'après la position de ce trachyte, il est presque certain qu'il appartient à la masse de l'intérieur de la Solfatare, et qu'il s'y ramifie en dessous. Le trachyte de la Punta-Negra forme un escarpement sur le bord de la mer, et constitue ensuite

Trachyte en recouvrement sur le tuf à la Punta-Negra.

une nappe qui recouvre le tuf jusqu'à une certaine hauteur : vue du bas de l'escarpement, on est porté à croire que le trachyte s'élève jusqu'à sa partie supérieure, et qu'il est par conséquent continu avec le trachyte du sommet de la Solfatare; il serait alors le résultat d'une coulée trachytique qui se serait déversée par-dessus la crête du cratère; mais quand on est placé sur le Monte-Nuovo, ou sur les terrasses des maisons de campagne situées sur la pente E. de la Solfatare, on voit que le trachyte ne se prolonge que sur une très-faible partie de la pente. Cette roche se ramifie en outre entre les couches même du tuf, et y forme une espèce de filon, contiguë du reste avec la masse supérieure. Les caractères du trachyte y présentent des différences notables, sa texture est lâche et il est scoriacé : cette circonstance tient probablement à un refroidissement plus prompt causé par le peu d'épaisseur du trachyte et son contact avec le tuf.

Le trachyte de la Punta-Negra est semblable au piperno de Pianura; il présente, comme ce dernier, des taches foncées, parsemées de cristaux de feldspath, qui se dessinent sur une masse d'un gris clair contenant des cristaux. Ces caractères lui sont également communs avec le peu de trachyte solide que nous avons signalé à la partie supérieure de la Solfatare, et me

conduisent à le regarder comme un conglomérat trachytique.

Indépendance des trachytes et du tuf ponceux.

Les différentes masses trachytiques que je viens de signaler sont dans une position analogue ; elles sont placées presque toutes au centre des collines où elles existent ; aucune ne présente de liaison avec les tufs qui forment les pentes extérieures de ces mêmes collines : ces trachytes ne possèdent aucune stratification, tandis que le tuf constitue des couches régulières qui se relèvent constamment vers ces masses porphyriques. Sans cette dernière circonstance, on pourrait les regarder comme formant des îlots, autour desquels le tuf serait venu se déposer; mais l'inclinaison des couches de tuf, qui s'élève quelquefois jusqu'à 18 et 20°, ne permet pas d'adopter cette explication, tandis qu'elle est complétement d'accord avec l'idée que j'ai déjà émise, savoir : que le tuf déposé d'abord en couches horizontales dans toute la Campanie avait été soulevé par l'arrivée au jour du trachyte des Champs-Phlégréens.

Les collines des Camaldoli, d'Astroni et de la Solfatare, sont les seules qui portent en elles-mêmes les preuves matérielles de leur mode de formation. Dans la plupart des autres collines des Champs-Phlégréens, cette cause, quoique cachée, devient cependant évidente par la double circonstance que leurs couches, régulièrement stratifiées

et de même nature que le tuf ponceux du Pausilippe, se relèvent toujours circulairement vers leur centre. Quelques-unes des dépressions, comme le lac d'Agnano placé au milieu d'un cirque, nous paraissent, par la même raison, avoir été formées par des phénomènes analogues. Le Monte-Nuovo, dont le nom indique l'origine moderne, est, comme tous les autres monticules des environs de Pouzzol, composé de couches de tuf ponceux, régulièrement stratifiées et ordonnées de même par rapport à un centre. La pente du Monte-Nuovo qui regarde Pouzzol est recouverte de scories, sous lesquelles le tuf est caché; mais il est à nu sur les autres pentes extérieures, et de plus on voit dans l'intérieur du cratère les couches de tuf profiler sur tout son pourtour. La crête du Monte-Nuovo présente une arête saillante sur une partie de sa longueur, ce qui de loin lui donne la forme de deux montagnes qui se projettent l'une sur l'autre. La cavité cratériforme qui en occupe le centre est très-profonde, et sa surface inférieure n'est élevée que de quelques pieds au-dessus de la mer, la hauteur totale étant de 134 mètres, tandis que la profondeur du cratère est de 128 mèt. (1). La pente extérieure est d'environ 30°, celle de

Monte-Nuovo.

(1) *Principles of geology*, page 73, tome 2.

l'escarpement intérieur est en quelques points plus considérable.

D'après la stratification et la nature du tuf qui compose le Monte-Nuovo, il est certain que ce monticule a été formé, comme Astroni et la Solfatare, par l'exhaussement du tuf.

Le Monte-Nuovo a été formé par soulèvement.

Cette conclusion, qui résulte nécessairement de la disposition des couches de tuf, est confirmée par les preuves que nous fournit l'histoire, car le Monte-Nuovo s'étant formé il y a seulement trois siècles, en 1638, plusieurs témoins de cette mémorable éruption nous en ont transmis les détails. Le récit de Porzio, médecin célèbre de cette époque, est pour ainsi dire la traduction de la théorie des soulèvements. Après avoir parlé des tremblements de terre qui désolèrent la Campanie pendant deux années entières, il dit (1) : « Les 5 et 4

(1) Fuit hæc regio biennio fere magnis terræ motibus agitata, ut nulla in ea superesset domus integra, nullum ædificium quod non certam et proximam ruinam minaretur. at vero V et VI kal. oct. perpetuis diebus noctibusque terra commota est ; mare passibus fere CC recessit, quo quidem loco, et ingentem piscium multitudinem accolæ capere, et aquæ dulces salientes visæ sunt. III tandem kal. magnus terræ tractus, qui inter radices montis, quem Barbarum incolæ appellant, et mare juxta Avernum jacet, sese erigere videbatur, et montis subito nascentis figuram imitari. Eo ipso die hora noctis II, iste terræ cumulus, aperto veluti ore, magna cum fremitu, magnos ignes evo-

» jours des calendes d'octobre la terre éprouva des » secousses continuelles le jour et la nuit. La mer » se retira de deux cents pas environ, et les habi- » tants purent recueillir sur cette partie du rivage » une grande quantité de poissons, et on y vit » jaillir des sources d'eau douce. Enfin, le troisième » jour des calendes d'octobre, on vit le terrain » compris aujourd'hui entre le pied de la mon- » tagne que les habitants appellent Monte-Barbaro » et la partie de la mer qui avoisine le lac d'Averne, » *s'élever et prendre subitement la forme d'une* » *montagne naissante*.. Ce même jour, à deux » heures de la nuit, ce monticule de terre s'en- » trouvrit avec un grand bruit, et il vomit par la » large bouche qui s'était formée des flammes con- » sidérables, ainsi que des ponces, des pierres » et des cendres. » Ces paroles n'indiquent-elles pas, de la manière la plus positive, que le Monte-Nuovo est sorti de terre sous la forme d'une vaste ampoule, qui s'est crevée au milieu et a donné naissance au cratère de soulèvement que l'on observe à sa partie supérieure?

Les idées que je viens d'émettre sur la formation du Monte-Nuovo, sont aussi celles que M. Capocci

---

muit; pumicesque, et lapides, cineresque.—Porzio, *opera omnia medica, philosophica et mathematica in unum collecta*, 1736.

a développées avec beaucoup de sagacité dans ses Recherches sur le phénomène que présente le temple de Sérapis (1). M. Capocci démontre dans ce mémoire que le retrait de la mer rapporté par Porzio n'a été qu'apparent, attendu que son niveau n'a changé ni dans les ports de Naples, ni dans ceux de Castellamare et d'Ischia, qui sont situés dans la même baie que le Monte-Nuovo; c'est donc, dit-il, « par suite d'un mouvement d'ascen- » sion qu'une certaine partie de la côte a été mise à sec. »

Les témoignages authentiques que je viens de citer ne peuvent laisser aucun doute sur l'époque de la formation du cratère du Monte-Nuovo; mais l'état de conservation de certains monuments romains construits au pied même de cette montagne, peut faire penser qu'il existait déjà un monticule dans cet endroit, et que c'est seulement la partie supérieure du Monte-Nuovo qui a été soulevée en 1538; en effet, les temples d'Apollon et de Pluton, construits immédiatement au pied du Monte-Nuovo et sur les bords du lac d'Averne, ne paraissent avoir souffert aucunement de son élévation. Les murs, qui existent encore, ont conservé leur position verticale, et les voûtes sont

(1) *Nuove Richerche sul noto fenomeno delle colonne perforate dalle foladi nel tempio di S'crapide in Pozzuoli.*

dans le même état que dans les autres monuments de la côte de Baies. La longue galerie qui conduit à la grotte de la Sibylle, placée sur l'autre bord du lac d'Averne, ne paraît pas non plus avoir éprouvé de dégradations par suite de cet événement extraordinaire : le toit de cette galerie est resté parfaitement horizontal, seulement le sol de la chambre où la sibylle rendait ses oracles est maintenant couvert de quelques pouces d'eau, ce qui semblerait annoncer que le niveau du lac d'Averne est légèrement changé. Pour que les monuments qui avoisinent le Monte-Nuovo eussent éprouvé si peu de dégradations, il faudrait que cette montagne se fût élevée sans avoir produit le moindre mouvement dans le sol : cette circonstance peu naturelle devient encore moins probable quand on se rappelle que la masse de cette colline est formée, ainsi que je viens de le dire, de couches du même tuf ponceux que toutes les autres collines des Champs-Phlégréens. On peut donc supposer, sans être en contradiction avec les relations historiques, que la colline du Monte-Nuovo, soulevée à une certaine hauteur par l'arrivée au jour des trachytes, et par conséquent contemporaine de la Solfatare et d'Astroni, a été exhaussée en 1538 par une éruption à la fois de gaz et de scories, de manière à présenter la forme de deux montagnes projetées l'une sur l'autre.

Dans la dépression placée au pied de l'arête saillante, il existe une couche de scories intercalée dans la partie supérieure de l'escarpement, entre les couches de tuf ponceux. Les scories qui se sont écoulées dans l'intérieur ont été rasées et peut-être projetées au dehors par le dégagement des gaz qui paraissent être sortis avec une grande abondance. C'est également à cette éruption gazeuse qu'est due la pluie de cendres dont on indique que l'élévation du Monte-Nuovo a été accompagnée : ces cendres ne seraient, au reste, que des débris du tuf ponceux projetés en l'air par les gaz dont nous venons de parler.

Les laves scoriacées qui existent à la surface du Monte-Nuovo ont des caractères différents de celles du Vésuve, et elles ne paraissent pas avoir coulé. Elles sont composées d'un assemblage de grains imparfaitement cristallins agglutinés ensemble, ce qui les rend très-caverneuses; elles ne présentent pas les cavités allongées si caractéristiques des ponces, et sous ce rapport elles n'ont aucune ressemblance avec les pierres ponces avec lesquelles on les a comparées; elles ont au contraire de l'analogie avec les laves d'Ischia, et particulièrement celles dites de l'Arso, qui est sortie dans l'année 1301.

Nature géologique de l'île d'Ischia.

L'île d'Ischia se rattache aux Champs-Phlégréens d'une manière presque continue par le

cap Misène et l'île de Procida : elle doit son origine à des phénomènes du même genre que ceux qui ont élevé les Camaldoli et les autres collines des environs de Naples, et ils se sont produits très-probablement à la même époque ; c'est du moins ce qui paraît résulter de la nature du terrain qui forme l'île d'Ischia, ainsi que de la direction générale qui a présidé au relèvement de ses couches. Le centre de cette île est occupé par le mont Epoméo, qui ne le cède en grandeur qu'au Vésuve et à la montagne de Castella-Mare ; sa hauteur est de 2605 pieds anglais (794^{m}.) au-dessus de la mer, et sa base présente une circonférence de 8000 mèt. de développement. A bien dire, le mont Epoméo forme dans son entier l'île d'Ischia ; les cratères modernes qui se sont ouverts à différentes époques sur ses pentes ne sont guère plus importants que les bouches qui se forment journellement sur les flancs du Vésuve et n'en altèrent aucunement la disposition générale. Mont Epoméo.

Le mont Epoméo est composé presque exclusivement de couches régulières de tuf ponceux. J'en ai indiqué les différentes variétés avec quelques détails dans le paragraphe consacré à la description du terrain des environs de Naples ; j'ai fait ressortir l'identité du tuf d'Ischia avec celui du Pausilippe et des Champs-Phlégréens. Cette identité est un des faits les plus importants à bien constater,

parce que le tuf d'Ischia contenant de nombreuses coquilles marines, qui le font regarder généralement comme formation sous-marine, il en résulte que toute cette formation a été déposée par sédiment. Je ne reviendrai donc pas sur ce sujet, et je dirai seulement quelques mots du trachyte et des volcans modernes qui existent dans cette île.

Trachyte de l'île d'Ischia.

Le trachyte doit former le noyau de l'île d'Ischia, mais il ne se montre que dans quelques points. Sur les côtes il existe au Monte-Vico, à la Punta-Cornachia, et le petit îlot sur lequel est construit le château qui domine la ville d'Ischia, est trachytique. Cette roche constitue ensuite plusieurs collines d'un ordre secondaire, telles que le Monte-Marococo, entre Lacco et Forio, et celle qui surmonte Casamicciola, etc. Le ravin profond que l'on suit depuis St-Lorenzo est ouvert dans cette roche. Le trachyte d'Ischia est complétement cristallin, il ne contient pas de fragments comme les trachytes de Pianura et de la Punta-Negra. Sa pâte offre des variétés assez prononcées; tantôt elle est compacte à la manière de certains porphyres, ou vitreuse comme dans les obsidiennes ou les perlites: elle contient toujours des cristaux de feldspath.

La position relative du trachyte et du tuf dans l'île d'Ischia vient confirmer les conclusions que nous avons été conduit à adopter pour les Champs-

Phlégréens. Au Monte-Vico, le trachyte s'élève au milieu du tuf; il en coupe les couches sous des angles variables, de la même manière que ferait un filon qui se ramifierait dans différentes directions. Au Monte-Marococo, non-seulement cette roche ignée s'introduit entre les couches de tuf, mais celles-ci sont en outre redressées à son approche. Il résulte de cette courte description que le trachyte de l'île d'Ischia se trouve, relativement au tuf ponceux, dans les mêmes circonstances, que le trachyte d'Astroni, et par suite qu'il lui est postérieur. A Ischia même, le trachyte présente un caractère de postériorité encore plus prononcé, puisqu'il coupe les couches du tuf, et qu'il y forme des espèces de filons. L'époque à laquelle ce trachyte est venu au jour, nous paraît la même que celle qui a vu s'élever les Champs-Phlégréens; la direction générale des couches du tuf, sans être bien régulière, se rapproche cependant de la ligne O. 20° S., E. 20° N., suivant laquelle le tuf ponceux a été relevé dans les Champs-Phlégréens. Il est donc naturel de supposer que les trachytes de l'île d'Ischia sont contemporains de ceux de la baie de Naples. L'élévation simultanée de tous ces trachytes correspond à l'époque où se sont faites les dislocations qui ont affecté les terrains tertiaires les plus modernes.

Age des trachytes d'Ischia.

L'île d'Ischia, depuis l'épanchement des roches trachytiques, a été soumise à un grand nombre

Volcans modernes de l'île d'Ischia.

d'éruptions volcaniques analogues à celles du Vésuve. L'histoire et les traditions nous montrent cette île ravagée par les feux souterrains à une époque bien antérieure à l'ère chrétienne. Depuis l'apparition du Vésuve il n'y a eu qu'une seule éruption en 1301. Il semblerait que l'action volcanique ayant désormais une nouvelle issue, elle ne puisse plus se faire sentir par ses anciens soupiraux. Les différentes coulées de laves qui existent à l'île d'Ischia, et surtout celle de 1301, désignée sous le nom de coulée de l'*Arso*, fournissent des preuves des lois que les laves suivent dans leur refroidissement, et que nous décrirons bientôt avec quelques détails en parlant du Vésuve. Cette coulée, qui est sortie au pied du Monte-Rotaro, est inclinée d'environ 5° à sa partie supérieure, tandis qu'elle fait seulement un angle de 2° avec l'horizon dans la partie où elle a traversé la route d'Ischia à Lacco. Malgré cette faible inclinaison, elle possède tous les signes du mouvement, et elle est extrêmement tourmentée. Sa surface est très-inégale et composée de fragments incohérents, dont plusieurs sont placés verticalement; ses bords, élevés de 5 à 6 pieds au-dessus de la surface du sol, sont nets, et semblent former une espèce de mur en pierres sèches, disposition qui montre évidemment que la matière liquide a constamment coulé à l'abri d'une enveloppe de lave déjà solidifiée.

Le peu d'épaisseur de la coulée de 1301, malgré la faible pente du sol sur lequel elle s'est répandue, me fait supposer qu'elle était plus fluide que les laves du Vésuve ne le sont ordinairement; sa composition présente également quelques différences avec ces dernières. La lave de l'Arso contient des cristaux de feldspath assez nombreux, quelques paillettes de mica et des grains jaunâtres de péridot, toujours assez rares. La pâte grise qui les renferme est plus bulleuse en petit que les laves du Vésuve; elle a beaucoup d'analogie avec la lave du Monte-Nuovo, qui contient aussi des cristaux de feldspath, et dont la masse est composée d'un assemblage de grains incomplétement cristallins, paraissant de nature feldspathique. Ces laves diffèrent également l'une et l'autre des trachytes et des pierres ponces. Cette différence de composition répondrait d'une manière certaine à la supposition qui a été faite, que les pierres ponces ont pu être introduites dans le tuf par des actions volcaniques, si déjà nous n'avions prouvé que ce tuf est entièrement ponceux.

III. Groupe du Vésuve.

Disposition générale.

J'ai déjà indiqué, au commencement de ce mémoire, que le Vésuve, dont la forme générale est conique, est isolé de toutes parts, et qu'il s'élève au milieu du terrain de tuf dont j'ai fait connaître la composition. La base de cette montagne a environ 35.000 mètres de circonférence, et sa hauteur, au-dessus de la mer, est de 1.198 mètres (1). Elle se compose de deux parties distinctes, l'une, conique assez aiguë, occupe le centre du groupe, et constitue le *Vésuve proprement dit*; la seconde, que l'on désigne sous le nom de *Somma*, forme une enceinte circulaire qui enveloppe le cône central sur environ la moitié de sa circonférence.

Le Vésuve est composé de deux parties distinctes.

Si cette vaste enceinte était continue, elle opposerait une barrière insurmontable aux coulées de laves; mais cette digue est ouverte du côté de la mer, et les torrents embrasés qui s'échappent des flancs du Vésuve, ne rencontrant aucun obstacle, portent la désolation jusque sous les murs de

(1) La hauteur du Vésuve n'est pas constante, elle change par suite des exhaussements de laves, ou de l'éboulement des parois du cratère; en 1822, elle a diminué de près de 60 mètres par un accident de cette nature.

Naples. Par suite de la solution de continuité de la Somma, le sol présente moins de résistance de ce côté à la pression qu'exerce sans cesse l'action volcanique, et les éruptions se font plus fréquemment jour sur la pente qui regarde la mer que sur les autres.

Les roches, qui composent les escarpements de la Somma et les pentes du Vésuve, sont différentes; les premières sont formées par la réunion de cristaux d'amphigène, de pyroxène noir, de Labrador, et de nodules rares de Péridot. Les laves du Vésuve, lorsqu'elles sont scoriacées, contiennent des grains arrondis que l'on regarde généralement comme des cristaux d'amphigène; mais ils en diffèrent essentiellement par la composition, et, s'il existe des cristaux d'amphigène dans ces laves, ils y sont au moins très-rares. Lorsque les laves du Vésuve sont compactes et cristallines, comme celles de la Scala et du Granatello, qui se sont accumulées en nappes horizontales au pied du Vésuve, elles paraissent contenir principalement des cristaux de l'ordre des feldspath, mais différents du feldspath, de l'Albite et du Labrador. Elles sont presque entièrement formées de ce minéral, mais on ne voit de cristaux que dans les petites fentes qui les traversent. Elles contiennent en outre des cristaux de pyroxène vert, quelques nodules de Péridot, des lamelles rares

de mica, etc. L'état cristallin des substances qui entrent dans la composition des laves du Vésuve et de la Somma est en outre très-différent; il en résulte qu'à la première inspection il n'y a presque aucune analogie entre ces roches. Toutes les laves de la Somma sont lithoïdes, c'est-à-dire qu'elles sont semblables aux roches cristallines, telles que le granite et le trachite, tandis que presque tous les produits du Vésuve sont scoriacés. Cette différence remarquable, entre les laves de la Somma et du Vésuve, est une conséquence immédiate des circonstances qui ont présidé à l'écoulement des nappes de la Somma, ainsi qu'à leur refroidissement; mais ce phénomène n'est pas celui qui distingue le plus essentiellement la Somma du Vésuve. La présence du tuf ponceux, qui s'élève sur les pentes de la Somma presque jusqu'à son sommet, fournit une preuve certaine que l'une et l'autre montagne ont été produites par des causes séparées et distinctes; pour faire apprécier cette différence de formation, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur la composition de chacune d'elles.

a. De la Somma.

La Somma affecte la forme d'une surface conique surbaissée, dont les pentes extérieures, très-régulières, forment un angle d'environ 26° avec

l'horizon. Le côté qui regarde le Vésuve présente des escarpements à pic d'environ 420 mèt. d'élévation, sur lesquels viennent se dessiner les différentes nappes de laves et les filons nombreux qui entrent dans sa composition. Un cône très-surbaissé, formant une espèce de vallée circulaire appelée dans toute sa longueur *Atrio-del-Cavallo*, et dont quelques-unes de ses parties sont désignées par les noms de *Gly-Atry* et de *El-Plano*, sépare le Vésuve de la Somma, et permet d'en étudier la composition (*Pl. VIII, fig.* 1).

Disposition de la Somma.

La Somma présente une double pente; la première, plus douce que l'inclinaison générale, se prolonge jusqu'à la hauteur du Plano; l'ermitage où se reposent la plupart des voyageurs, désigné dans les cartes sous le nom de *Salvatore*, est placé à peu près à la ligne de séparation de ces deux pentes remarquables par la différence de nature du sol.

Le tuf, dont j'ai décrit la composition dans la première partie de ce mémoire, règne sur tout le pourtour de la Somma. Il s'élève, il est vrai, presque jusqu'à sa crête la plus élevée, mais il ne forme que des lambeaux sur la pente supérieure, tandis qu'il constitue entièrement la pente inférieure. La couleur blanche de son sol, mis à nu par les nombreux ravins qui le sillonnent, en indique facilement la limite générale; mais elle

est peut-être encore plus marquée par la différence dans la végétation. En effet, le tuf est partout recouvert de riches vignobles, dont les abondantes récoltes font oublier aux propriétaires les dangers qui les menacent à chaque instant, tandis qu'il n'existe au-dessus que quelques châtaigneraies éclaircies sans cesse par les vapeurs acides et les cendres qui accompagnent certaines éruptions.

Le tuf se retrouve également dans la partie discontinue de la Somma, ainsi que le représente la carte (*Pl. IX*).

Dans les profils que cette coupure nous fournit, on remarque que les couches de tuf et les nappes de la Somma ont une inclinaison différente ; l'angle que font les couches du tuf ne paraît pas excéder 10°, tandis que la pente générale des nappes de la Somma est de 25 à 30 degrés. Cette différence dans l'inclinaison n'en implique pas nécessairement une dans la stratification ; elle tient probablement à ce que les parties placées près du centre du cône ayant été soulevées sous une pente beaucoup plus forte, le tuf qui ne possède pas de cohésion a été détruit, et l'œil compare des parties très-diversement inclinées.

Nature du tuf ponceux de la Somma.

Le tuf de la Somma se rattache d'une manière continue à celui de Naples. On peut, en suivant les pentes qui n'ont pas été recouvertes par des

coulées de laves, marcher sans interruption sur ce sol de sédiment, depuis Naples jusqu'aux châtaigneraies de la Somma. Le tuf qu'on y observe est formé comme celui du Pausilippe, principalement de débris de ponces à des états de désagrégation différents; il renferme en outre beaucoup de fragments de laves de la Somma et des blocs de roches d'apparence ancienne, dans lesquels se trouvent les minéraux que l'on indique comme rejetés par le Vésuve. La réunion de ces débris donne au tuf de la Somma une certaine apparence d'alluvion, et on pourrait le croire remanié à une époque moderne; mais je rappellerai que dans la descente vers Nisita le tuf renferme aussi quelques blocs cristallins, et qu'il existe à Ischia des couches composées presqu'exclusivement de débris incohérents de ponces, et qui paraissent aussi avoir été remaniées. Cependant ces couches sont intercalées au milieu de couches bien évidemment d'apparence sous-marine. Il en est de même à la Somma, où le tuf alterne avec des couches régulièrement stratifiées et portant tous les caractères d'un terrain de sédiment.

Le sentier qui conduit à l'ermitage fournit des exemples très-prononcés de cette disposition. Le tuf y contient une grande quantité de ces fragments, qui pourraient faire soupçonner qu'il a été remanié à une époque moderne, mais en même

Dispos itiondu tuf près du Salvatore.

temps il possède une stratification très-régulière. La coupe la plus instructive est à quelques minutes avant le point où le sentier traverse la lave de 1820, les escarpements qui l'encaissent, et dont la hauteur est de 25 à 30 pieds, présentent une succession de couches de tuf et de galets incohérents. On distingue principalement trois couches épaisses, ou assises, de tuf ponceux *b* (*Pl. VIII, fig.* 3), à grains fins peu cohérents, lesquelles sont séparées par des petites couches *a* de cinq à six pouces de puissance, composées presque exclusivement de galets de roches de la Somma mélangées de fragments de calcaire saccaroïde blanc et de quelques roches micacées. La stratification de ce tuf est régulière, de plus les couches épaisses *b* présentent le phénomène que j'ai signalé déja plusieurs fois, et qui est si fréquent dans les grès, lequel consiste dans l'obliquité des strates relativement au plan des couches; ainsi tandis que la séparation des couches est presque horizontale, les strates sont contournés et font un angle de 35 à 40° avec l'horizon.

Les couches de tuf ponceux à grains fins *b* contiennent des blocs assez considérables provenant de la Somma; ils sont reconnaissables à l'état cristallin de la pâte, et surtout aux nombreux cristaux d'amphigène caractéristiques de ces laves anciennes; on y trouve en outre des blocs, de tra-

chite avec cristaux de feldspath, de dolomie, et de roches micacées, dont l'origine est peu connue. Les fragments de calcaire saccaroïde blanc contiennent quelquefois des cristaux d'idocrase et d'autres minéraux particuliers au Vésuve.

Un fait de la plus haute importance est que quelques-uns de ces blocs calcaires sont recouverts de petites serpules analogues à celles qui s'attachent encore actuellement sur les roches qui bordent les côtes de la Sicile; ces serpules, malgré leur extrême petitesse, ne sont nullement altérées, on dirait que ces fragments calcaires ont été retirés récemment du sein des mers. La présence de fossiles si délicats atteste, peut-être encore d'une manière plus certaine que la stratification régulière du tuf, que cette roche s'est déposée sous une certaine profondeur d'eau, et que la hauteur considérable à laquelle elle s'élève à l'ermitage du Salvatore, est due à une cause postérieure à sa formation. Je n'ai pas été assez heureux pour recueillir de ces pierres si précieuses pour l'histoire du Vésuve, mais j'en ai vu un échantillon très-remarquable dans la collection de M. le comte de Lamarmora à Turin; ce savant l'avait recueilli précisément dans le ravin dont je viens d'indiquer la coupe; M. de Lamarmora, voyant tout l'intérêt que nous présentait cet échantillon, a eu la générosité de le donner à M. de Buch. Une preuve

Serpules sur des blocs calcaires intercalés dans le tuf.

aussi irrécusable du redressement des nappes de la Somma ne pouvait être mieux placée qu'entre les mains de l'auteur de la Théorie des cratères de soulèvement. M. Pilla de Naples possède plusieurs échantillons semblables, il les a recueillis sur les pentes de la Somma qui regardent Ottajano.

Les blocs de calcaire et de roches micacées avec cristaux sont beaucoup plus abondants dans le tuf qui forme les escarpements du Fosso-Grande que dans le ravin du Salvatore. Il en existe jusqu'à la crête de la Somma, mais ils sont disséminés principalement dans les assises inférieures du tuf, qui reposent immédiatement sur les laves amphigéniques. Les blocs de calcaire saccaroïde ne sont pas les seuls que renferme le tuf, ils sont accompagnés de blocs de calcaire compacte gris analogue au calcaire des montagnes de Castellamare, et d'autres dans lesquels le calcaire a perdu en partie sa texture compacte sans avoir acquis complétement l'état cristallin du calcaire saccaroïde; on peut observer un passage presque insensible entre les calcaires compactes et les calcaires saccaroïdes, cette circonstance intéressante nous montre pour ainsi dire la nature prise sur le fait, elle fait naturellement penser que tous les blocs de calcaire saccaroïde empâtés dans le tuf proviennent de la destruction

Blocs de calcaire compacte avec fossiles dans le tuf.

de calcaires compactes, qui ont été modifiés postérieurement. M. de Monticelli possède quelques échantillons de ce calcaire bleu avec des peignes trop défigurés pour en déterminer exactement les espèces, cependant on reconnaît facilement qu'ils appartiennent à des terrains secondaires. On trouve aussi quelques fragments de calcaire contenant des fossiles tertiaires. Plusieurs de ces fragments ont éprouvé une certaine altération. La réunion de fragments de natures si différentes dans le tuf est un fait très-important à constater, surtout quand on remarque que plusieurs d'entre eux, comme les roches primitives et les calcaires tertiaires n'existent pas dans le pays.

Le tuf existe également sur la pente où le rempart formé par la Somma est discontinu. Il est presque complétement caché par les laves, cependant il ressort en quelques points, et j'y ai recueilli des échantillons de calcaire bleu. Dans cette dernière localité marquée sur la carte, le tuf contient quelques nodules blancs de même nature que la masse; il est alors entièrement analogue au tuf oolitique que j'ai signalé à l'île d'Ischia; cette variété, qui se retrouve également à la Solfatare, établit une certaine identité entre toutes ces roches, de sorte qu'on peut admettre, comme probable, qu'on retrouvera dans le tuf de la Somma

des coquilles analogues à celles que M. Lyell a recueillies au mont Epoméo (1).

Forme de l'escarpement de la Somma.

L'escarpement supérieur de la Somma présente une arête qui se tient à une hauteur constante sur la plus grande partie de sa longueur, elle s'abaisse ensuite d'une manière uniforme vers l'Est; son extrémité Ouest, qui s'appuie sur le Fosso-Grande, est au contraire élevée et presque à pic. Il y existe en outre plusieurs cimes saillantes. La pente extérieure, dont l'inclinaison générale varie de 24 à 26°, est donnée par celle des nappes, de sorte qu'en descendant, suivant une arête du cône, on marche constamment sur la même nappe, les coulées successives dont se compose la Somma viennent au contraire se montrer au jour dans son escarpement intérieur, et on peut les étudier facilement en le gravissant du

(1) Cette prévision s'est réalisée : M. Pilla, ainsi que je l'ai indiqué dans la première partie de ce mémoire, a trouvé quelques fossiles dans le tuf même de la Somma. Ces fossiles y sont libres et disséminés dans une couche de trass, de la même manière que les coquilles qui existent dans les sables tertiaires. Il faut bien distinguer ces fossiles de ceux qu'on trouve adhérents aux blocs de calcaires : les premiers font partie du terrain même et en caractérisent l'âge, tandis que les seconds sont de véritables galets qui peuvent provenir de terrains très-variés ; ainsi les uns appartiennent au lias, tandis que d'autres sont de l'époque des formations crétacées ou des terrains tertiaires plus anciens que le tuf.

côté du Fosso-Grande. La nature de ces coulées est presqu'identique, elles diffèrent seulement par la grosseur de leurs parties constituantes; elles ont l'aspect général d'un porphyre composé d'une pâte d'un gris clair et de cristaux de pyroxène et d'amphigène. Ces derniers, de beaucoup les plus abondants, ont fréquemment plusieurs lignes de diamètre. On y distingue en outre quelques lamelles brillantes qui paraissent appartenir à du Ryacolithe, et des parties vitreuses d'un jaune très-clair analogues au Péridot. Quant à l'espèce de pâte qui enveloppe les cristaux, elle est caverneuse et peu homogène; examinée à la loupe elle contient aussi beaucoup de cristaux d'amphigène parfaitement terminés, qui contribuent à donner à cette partie la couleur grisâtre clair qui lui est propre. Ces petits cristaux sont surtout abondants près des cellules dont les surfaces sont hérissées de pointes trapézoïdales. M. G. Rose annonce que la pâte contient en outre du Labrador. Il me paraît plus probable qu'elle est également formée d'amphigène; sauf quelques lamelles qu'on peut rapporter à du Labrador, je n'ai point vu de cristaux appartenant à cette espèce minérale. Les analyses que j'ai faites des laves de la Somma ne conduisent à aucune conclusion certaine sur la nature des minéraux de l'ordre du feldspath qui existent dans ces laves; elles y indiquent seulement

Nature des laves de la Somma.

une assez grande quantité de potasse, mais cet alcali est probablement dû au mélange intime de cristaux microscopiques d'amphigène.

Les différentes nappes de laves se distinguent par la grosseur des cristaux et leur abondance, ainsi que par la compacité de la pâte; les parties extérieures des nappes sont moins cristallines que le centre, et leur surface supérieure est scoriacée et souvent tortillée de manière à présenter encore les traces du mouvement. Mais aussitôt que les laves de la Somma ont une certaine épaisseur, seulement de $0^m,60$ à $0^m,80$, alors elles sont cristallines et possèdent la structure granitoïde. La puissance de ces nappes est rarement au-dessous de deux mètres, quelques-unes cependant n'ont pas au delà de $0^m,30$ à $0^m,50$. Il en est une qui certainement a plus de 15 mètres de puissance; la lave qui la compose se désagrège facilement, de sorte que sa place dans l'escarpement est marquée par une concavité peu prononcée; la partie du sentier qui la traverse, sans être dangereuse, est d'un accès plus difficile. La nappe qui forme la *Punta Nasone*, cime la plus élevée de la Somma, a environ six mètres de puissance; elle présente quelques fissures dans le sens de la pente, qui pourraient faire présumer qu'elle est composée de plusieurs lits, mais ces lignes de séparation ne sont que des fentes sans continuité. La surface su-

Epaisseur des laves de la Somma.

Google

périeure de cette nappe est irrégulière comme celle des laves, et porte encore des traces certaines de fluidité. Son inclinaison surpasse 30 degrés dans plusieurs parties de sa longueur. Cette nappe repose sur un amas considérable de matières peu cohérentes analogues à des scories; il dérange la stratification assez régulière de l'escarpement et paraît remplir une cavité. La nappe supérieure ne se retrouve que sur une faible partie de la Somma, mais on voit au contraire les inférieures se prolonger sur presque tout son pourtour; on remarque facilement cette disposition régulière au moyen des petits ressauts que l'escarpement présente à chaque nouveau système de nappes et du petit vide qui existe entre elles. Ce vide paraît dû à la destruction des matières incohérentes qui séparent les différentes nappes et marquent leur âge relatif. L'inclinaison des nappes de la Somma est à très-peu de chose près la même sur toute sa surface, on ne peut l'évaluer que par l'inclinaison générale des pentes prises dans différents points; cette inclinaison est environ de 24° à la croix, première pointe élevée en abordant la crête de la Somma du côté du Fosso. A la Punta Nasone, cime saillante de la Somma, elle est de 26° nord. Lors de l'abaissement de l'arête vers le petit vallon *della Profica*, au moins à 150 mètres au-dessous de Punta Nasone l'inclinai-

Régularité des nappes de la Somma.

Inclinaison des nappes de la Somma.

son est de 24° N.-E. Enfin très-près de l'extrémité du cercle de la Somma, vis-à-vis de la bouche qui s'est ouverte en août 1834, l'inclinaison est de 25° vers l'O. 25° S. Ce dernier point est au plus de 100 mètres au-dessus du Plano. Si on examine sur une carte la position des points où les inclinaisons que je viens d'indiquer ont été prises, il en résulte qu'elles représentent la pente de nappes assez distantes les unes des autres; on peut en conclure que la Somma constitue une surface conique régulière, dans laquelle la génératrice forme avec l'horizon un angle de 26°. La régularité de cette inclinaison, dont la direction varie d'un point à un autre, ne peut s'expliquer par l'épanchement de nappes liquides qui se solidifieraient à mesure qu'elles avanceraient; le cône du Vésuve, qu'on a constamment donné comme un exemple de ce mode de formation, est à la vérité fort régulier, mais d'une part il paraît certain qu'il n'est pas le résultat de la seule accumulation des laves, et de l'autre il est formé, non de nappes solides et régulières comme la Somma, mais presque entièrement de matières incohérentes, qui doivent par conséquent se disposer d'une manière régulière par l'action de la pesanteur. L'examen des lois qui président au refroidissement des laves, que M. Elie de Beaumont a indiquées le pre-

mier (1), et sur lesquelles je donnerai quelques détails en décrivant le Vésuve, prouvent en outre de la manière la plus positive que les nappes de la Somma, qui possèdent constamment une texture granitoïde, ne peuvent avoir cristallisé dans la position dans laquelle on les observe actuellement.

Filons de la Somma.

Le massif de la Somma est traversé par une grande quantité de filons, dont très-peu se prolongent jusqu'à l'arête saillante qui termine son escarpement; ces filons s'arrêtent à des hauteurs très-variables, ce qui fait présumer que ce sont les fentes par lesquelles se sont élevées les matières liquides qui ont formé par leur cristallisation les différentes nappes de la Somma; outre ces fentes appartenant à la Somma même, il doit en exister de postérieures, représentant les fentes de déchirement qui doivent se produire dans les masses soulevées. J'en ai observé une de cette espèce; elle traverse l'escarpement dans toute sa hauteur, et sa puissance est beaucoup plus grande que celle des filons d'épanchements (2). La composition de ce vaste filon con-

(1) Mémoire sur quelques points de la théorie des cratères de soulèvement.

(2) Nous avons établi, M. Elie de Beaumont et moi, dans un mémoire sur le Cantal et le Mont-Dore, que lorsque des couches sont soulevées, la somme des fractures qui se produisent est représentée par

$$\Sigma f = \pi\ (R - r)\ \text{tang.}\ \theta.$$

firme la supposition que je viens de faire sur l'époque à laquelle il s'est formé, car il est rempli d'une espèce de tuf scoriacé très-différent des roches de la Somma, et présentant au contraire de l'analogie avec les laves du Vésuve.

Les roches qui composent les filons sont à base d'amphigène et de pyroxène; elles sont identiques à celles des nappes, à l'exception de leur compacité, qui est beaucoup plus grande: on y trouve aussi quelques cristaux de l'ordre des feldspath, et du Péridot. La grosseur des cristaux et l'état cristallin varient beaucoup, suivant l'épaisseur des filons; en général les roches sont plus compactes dans les filons étroits que dans les filons qui ont une certaine puissance; dans ces derniers la masse du filon présente quelquefois une division prismatique assez prononcée sans être régulière, comme dans les basaltes. L'état cristallin n'est pas le même dans toutes les parties du filon; les parois sont en général à plus petits cristaux et quelquefois un peu caverneux. Beaucoup de filons

---

R étant le rayon du cercle sur lequel s'est étendu le soulèvement; r la distance du centre du soulèvement jusqu'au point où l'on considère les fractures, et étang. θ le rapport de la distance horizontale de deux points d'une même arête du cône. Pour la Somma, on a pour les valeurs de ces données:

$$R = 5,200^{m},\ r = 1,500^{m},\ \theta = 26\ .$$

se ramifient entre eux et viennent converger en un point commun; un grand nombre d'autres se coupent et se rejettent comme cela a lieu pour les filons métallifères; les filons croiseurs ont fourni la matière des nappes les plus modernes, et doivent par conséquent s'élever plus haut dans l'escarpement.

J'ai indiqué que le tuf formait une zone qui s'élevait à une hauteur assez uniforme autour de la Somma, correspondante à peu près à celle de l'ermitage. Malgré cette disposition, qui donne à la Somma, ainsi que je l'ai fait remarquer, la forme d'un double cône, cependant il paraît certain que ce tuf atteignait une hauteur presque égale à l'arête culminante de la Somma; en effet, j'ai recueilli presqu'au sommet de la Somma environ à 40 mètres au-dessous de la crête la plus élevée (Punta Nasone), des blocs de calcaire saccaroïde blanc, empâtés dans des matières pulvérulentes analogues à la pâte du tuf ponceux; ce calcaire, en tout analogue à celui qui forme des blocs dans le tuf du Fosso-Grande, constate d'une manière certaine l'existence de cette roche à une grande hauteur de la Somma; on en retrouve également avec quelque abondance en descendant du côté d'Ottajano; ces derniers sont au moins à 150 mètres au-dessous de la cime principale de la Somma, mais ils sont placés néanmoins encore à

une hauteur bien supérieure au niveau général que j'ai indiqué pour le tuf. Dans ce dernier point les blocs de calcaire saccaroïde sont accompagnés d'autres blocs très-micacés, contenant une grande quantité de substance jaunâtre vitreuse analogue au Péridot.

Mode de formation de la Somma.

J'ai démontré précédemment que le tuf est un terrain de sédiment déposé sous l'eau, comme les autres formations tertiaires; la présence des serpules à la surface de blocs calcaires, celle des fossiles trouvés par M. Pilla, et la régularité de cette roche ne peuvent s'expliquer que par cette supposition. Le tuf a donc été déposé horizontalement et à une profondeur peu inférieure au niveau de la Méditerranée. Les galets et les fragments des roches de la Somma, que l'on trouve dans le tuf, nous apprennent en outre que la Somma préexistait au tuf, seulement sa hauteur au-dessus du niveau de la mer devait être bien peu considérable, puisque j'ai reconnu la présence du tuf presque jusqu'au sommet; la destruction de cette roche dans les parties supérieures de la Somma est facile à concevoir; les couches du tuf, étant pour ainsi dire coupées en sifflet, devaient être assez minces dans ces parties, et le peu de solidité de cette roche n'opposait aucune résistance aux causes destructives auxquelles elle doit avoir été soumise depuis son dépôt. Il résulte en outre de l'état cristallin des laves qui forment la Somma

que les nappes que l'on voit se dessiner sur son escarpement doivent avoir été formées horizontalement; elles ont par conséquent été placées dans leur position actuelle par une action très-postérieure à leur formation, puisque le tuf s'est formé entre ces deux époques et qu'il a recouvert presque entièrement leur surface.

Quant aux blocs de calcaire saccaroïde et de roches micacées qui font partie du tuf, les serpules, qui se trouvent à la surface de quelques-uns, montrent qu'ils ont également préexisté au tuf et qu'ils y sont à l'état de galets. Quelques géologues pensent que ces blocs calcaires ont pu être rejetés par les éruptions volcaniques. Sans doute les volcans rejettent des blocs qui leur sont étrangers, mais ils appartiennent seulement au terrain dans lequel ils se font jour, et qui en forment pour ainsi dire l'opercule. Mais ce n'est pas le cas des blocs que l'on recueille dans le tuf de la Somma. Ils appartiennent, ainsi que nous l'avons déjà dit, à des terrains variés, les uns de l'âge des roches primitives, les autres de différentes époques secondaires et tertiaires, et dont plusieurs n'existent pas dans les environs de Naples. Il est donc difficile de concevoir comment ils auraient pu être lancés par l'action volcanique. De plus, si ces blocs avaient été rejetés par une cause de cette nature, on devrait les trouver seulement à la surface du sol; ils sont, au contraire, disséminés dans le tuf ponceux,

Les blocs calcaires de la Somma sont des galets dans le tuf.

et même avec plus d'abondance dans les couches inférieures. La position de ces blocs, leur conservation, les fossiles récents dont quelques-uns sont recouverts, sont autant de circonstances qui prouvent, jusqu'à l'évidence, qu'ils appartiennent au terrain du tuf ponceux, et qu'ils y forment des galets. Du reste, le phénomène de ces blocs renfermant des minéraux particuliers n'est pas exclusif au Vésuve; le tuf des îles ponces paraît en contenir, et l'Ecole des Mines possède plusieurs échantillons semblables, rapportés de ces îles par le célèbre Dolomieu. Quelques échantillons de Ténériffe, que j'ai vus chez M. Berthellot, me font présumer qu'il existe également un tuf analogue à celui de la Somma dans les volcans des Canaries. Les blocs de calcaire compacte et de calcaire cristallin, malgré leur différence de texture, paraissent avoir une même origine; en effet, on voit des passages de ces calcaires saccaroïdes à des calcaires compactes bleus; l'état cristallin serait alors dû à une altération qu'ils ont éprouvée. Une circonstance qui tend à confirmer cette opinion, est que la plupart des minéraux particuliers au Vésuve (1),

(1) Les minéraux que l'on trouve au Vésuve, et dont la composition est connue, sont :

L'idocrase,
La néphéline,
La Méionite,
La Sodalite.

et qui se trouvent en grande partie dans ces blocs calcaires même, sont des silicates dans lesquels la chaux est abondante; la même cause, qui a changé la texture du calcaire a pu donner, naissance à ces minéraux particuliers. Une question plus difficile à résoudre est de déterminer la cause finale de ce changement et l'époque à laquelle elle a agi; on peut supposer qu'elle s'est développée au moment où les laves de la Somma se sont épanchées, ou peut-être à l'époque même du dépôt du tuf; dans tous les cas, elle doit avoir préexisté à l'élévation du tuf, puisque plusieurs blocs, même cristallins, portent encore des traces certaines de leur séjour dans la mer.

b. Du Vésuve.

La Somma paraît avoir constitué à elle seule pendant longtemps le groupe entier du Vésuve. Le peu de renseignements que l'on possède sur la forme de cette montagne, à l'époque où les Grecs sont venus s'établir en Italie, nous la montre comme terminée par une vaste plaine, présentant à son centre une dépression circulaire assez profonde, *Pl. VII, fig.* 1 (1). Aucun phénomène particulier ne décelait alors l'origine du Vésuve, et la

(1) Ce dessin est extrait de la description des îles Canaries, par M. L. de Buch.

comparaison minéralogique de ses roches permettait seule de le supposer produit à la manière des volcans. Une longue période de tranquillité a donc succédé à l'émission et au redressement des laves de la Somma. Ce n'est que vers le milieu du premier siècle de l'ère chrétienne, que remontent les premiers phénomènes qui se rattachent à l'apparition du Vésuve. Un tremblement de terre, qui doit avoir occasionné des ravages considérables, eut lieu dans l'année 63 : plusieurs autres, plus ou moins violents, se succédèrent sans interruption depuis cette époque jusqu'à l'année 79, où eut lieu l'éruption qui détruisit Herculanum et Pompeï; c'est de cette éruption, la plus violente de toutes celles qui se sont succédé depuis, et qui présente des caractères particuliers, que date très-probablement l'élévation du cône central que l'on désigne maintenant sous le nom de Vésuve, et dont aucune description ne rappelle l'existence avant cette catastrophe. Le Vésuve ne paraît pas avoir atteint immédiatement sa hauteur actuelle, non qu'il ait été formé par l'addition de coulées successives, ainsi que je l'ai déjà indiqué, au commencement de ce mémoire; mais son élévation a eu lieu probablement à plusieurs reprises. Les laves et les cendres qui couvrent ses pentes nous dérobent sa composition intérieure, et aucun escarpement ne vient nous la révéler : ce n'est que par les phé-

Epoque de l'érection du Vésuve.

nomènes qui se passent à sa surface que nous pouvons préjuger sa formation ; disons-le par avance, ils sont presque tous favorables à la supposition d'une élévation immédiate.

Le cône du Vésuve s'élève brusquement au milieu du Piane, *Pl. VIII, fig.* 1, qui lui-même est un cône fort surbaissé : sa hauteur totale, prise à la Punta del Palo, est de 1185^{m}, et celle au-dessus du Piane est de 535^{m}. La pente du Vésuve, à peu près uniforme sur toute sa hauteur, est de 33°. A sa partie inférieure elle s'adoucit et se raccorde avec la surface du Piane et la pente de la Somma formée par le tuf. A partir de cette ligne, l'inclinaison des coulées diminue graduellement, et passe de 10° à 0°, limite à laquelle le mouvement d'avancement n'a plus lieu. La lave s'avance encore sur un petit espace par la vitesse acquise, puis elle s'arrête, quoiqu'elle possède encore une certaine fluidité et s'accumule en coulée plus épaisse. **Forme du Vésuve.**

Le sommet du Vésuve, désigné généralement sous le nom de cratère, a la forme d'un cercle un peu allongé de l'est à l'ouest, dont le diamètre est environ de 750 mètres sur 700. Sur les trois quarts de sa circonférence, ce cercle est surmonté par une arête assez escarpée intérieurement, tandis que l'extérieur présente l'inclinaison générale de tout le cône. Une partie beaucoup plus élevée s'élève au N.-O., elle est désignée sous le nom

particulier de *Palo*. Avant l'éruption de 1822, qui détruisit en partie le cratère, le Palo était encore plus élevé. Le sommet du cratère est terminé par une plaine très-irrégulière, couverte de blocs de scories et de laves, et coupée par de nombreuses fissures, desquelles il se dégage des vapeurs analogues aux fumarolles qui s'échappent des coulées de laves. Au centre de cette espèce de plaine sont deux vastes entonnoirs, dont l'un, beaucoup plus grand que l'autre, présente une troisième excavation (*Pl. VII*, *fig.* 6). Ces trois cavités coniques paraissent plutôt le résultat d'éboulements que des bouches ouvertes par des éruptions récentes; elles sont couvertes de débris qui cachent la disposition de leurs parois.

Nature des produits du Vésuve.

Les laves, quelles que soient les époques auxquelles elles ont été rejetées, paraissent de composition identique; elles sont aussi très-uniformes par leurs caractères extérieurs, qui varient seulement avec l'inclinaison sous laquelle elles se sont refroidies. On y distingue fréquemment des grains arrondis blanchâtres, regardés par erreur comme des cristaux d'amphigène, du pyroxène, quelques lamelles de labrador et des nodules rares de péridot: la masse de ces laves est fusible en émail blanc; mises en digestion dans les acides, elles y sont presque complétement solubles lorsqu'on a eu soin de choisir des morceaux ne

contenant pas de pyroxène. Lorsqu'elles ont été porphyrisées avec précaution, l'action de l'eau régale est très-vive, elles sont alors attaquées avec un dégagement considérable de chaleur.

Lorsque les laves se sont refroidies lentement, comme celles du Granatello, de la Scala, de Torre del Greco, etc., qui se sont accumulées sur un sol horizontal, la masse est presque entièrement cristalline; on y aperçoit alors une grande quantité de petits cristaux prismatiques qui se rapportent au genre feldspath. Les grains blancs y sont très-clair-semés, tandis qu'ils sont beaucoup plus abondants dans les laves scoriacées; on dirait que l'espèce minérale à laquelle ils appartiennent se produit avec moins de facilité lorsque le refroidissement est lent que lorsque la lave s'est consolidée brusquement. Si l'on compare les laves du Vésuve et celles de la Somma, on reconnaît bientôt qu'elles diffèrent à la fois par leur état cristallin et par leur composition; ces dernières sont granitoïdes et formées par la réunion de cristaux assez volumineux, tandis que dans les laves du Vésuve les cristaux sont généralement petits et clair-semés; de plus l'amphigène forme la masse principale des nappes de la Somma, tandis que je viens d'indiquer que cette substance n'était qu'accidentelle dans les produits du Vésuve actuel. Cette différence de composition se lie d'une manière

Des laves.

intime aux phénomènes volcaniques pour faire du Vésuve et de la Somma deux groupes très-distincts.

Des scories. Les laves compactes et cristallines forment une exception au Vésuve; elles sont ordinairement à l'état fragmentaire et scoriacées: quant aux scories proprement dites, on ne les observe que sur les parois des bouches volcaniques ou dans les endroits où les laves se sont répandues sur une pente très-rapide; alors elles sont fortement tiraillées dans tous les sens, et ne présentent aucune trace de cristallisation.

Les laves du Vésuve sont rarement vitreuses. Cependant la coulée *del Mauro*, qui eut lieu en 1818, est en partie à l'état vitreux; cette texture particulière y est moins prononcée que dans les obsidiennes des terrains trachytiques. Ces laves vitreuses contiennent des cristaux imparfaits, analogues à ceux qui existent dans les laves scoriacées.

Des cendres. Certaines éruptions (celle de 1822) ont lancé des matières pulvérulentes, auxquelles on donne le nom de cendres. Ces produits arénacés sont composés de petits grains cristallins non vitreux. Examinés au microscope, on reconnaît qu'ils renferment exactement les mêmes éléments que les laves. L'examen chimique de ces matières montre qu'elles ont également la même composition. Elles se dissolvent avec facilité dans les aci-

des, et se comportent au chalumeau comme les laves de la Scala et du Granatello; il est dès lors probable que la différence de texture qui existe entre les cendres et les laves est le résultat de leur mode de refroidissement : au lieu d'arriver liquide à la surface, la matière en fusion s'est solidifiée à l'état de sable assez fin dans l'intérieur même du cratère ; ces sables ont ensuite été enlevés par les gaz qui sortent dans certains cas sous une grande pression. L'éruption de 79 a rejeté une grande quantité de ces cendres ; néanmoins les masses qui recouvrent Pompeï et Herculanum n'appartiennent pas à cette classe de matières volcaniques, tandis qu'elles sont complétement identiques avec les tufs ponceux. Les cendres, ainsi que nous le dirons plus tard, n'ont joué qu'un bien faible rôle dans cette mémorable catastrophe.

Pierres rejetées par le Vésuve.

Enfin le Vésuve lance, au commencement de la plupart des éruptions, des pierres dont le volume est quelquefois considérable ; j'en ai vu dans le Piane plusieurs qui avaient de 12 à 15 pieds de hauteur, et qui, d'après leurs autres dimensions, devaient peser plus de 80 tonneaux ou 800 quintaux métriques. Ces espèces de bombes volcaniques sont composées des mêmes éléments que les laves, mais leur texture est essentiellement différente. Elles sont vitreuses et cristallines à la manière de certains trachytes, et sans aucunes

vacuoles; elles contiennent beaucoup de cristaux de pyroxène vert lamelleux, des grains hyalins blancs des lames de mica rougeâtres et du péridot. L'état cristallin et la composition de ces blocs ont une identité vraiment remarquable, de sorte que leurs caractères extérieurs suffisent pour les faire distinguer à la simple vue des autres produits du Vésuve. Sur les bords du Palo il existe une assise de roche compacte d'environ deux mètres de puissance, visible dans l'escarpement intérieur et entièrement analogue à ces blocs rejetés. La texture lithoïde de cette assise et des bombes volcaniques, qui ne se reproduit que dans les laves qui par leur épaisseur ont dû se refroidir lentement, me fait présumer que ces roches cristallines ont éprouvé un refroidissement lent et gradué. Peut-être l'assise qui forme le Palo est-elle seulement l'opercule du cratère portée à sa place actuelle par un flot de laves qui l'aurait soulevée à l'état solide; il se pourrait également que les blocs rejetés fussent des fragments de ce même opercule.

Outre ces produits principaux, on recueille au Vésuve différents minéraux, tels que du fer oligite, du cuivre muriaté, du sel marin, etc., qui sont le résultat de la sublimation.

Les laves altérées par la vapeur muriatique, ou modifiées par les eaux, qui s'échappent quelquefois avec abondance des flancs du volcan, pré-

sentent des différences assez notables avec les caractères généraux que j'ai indiqués comme habituels à ces produits du Vésuve. Mais ces laves sont exceptionnelles et toujours circonscrites dans un petit espace. On cite encore, comme appartenant au Vésuve, les blocs de calcaires compactes et cristalins, et les fragments de roches anciennes, que l'on trouve en abondance sur les pentes de la Somma; mais, j'ai déjà annoncé que ces blocs faisaient partie du tuf ponceux qui recouvre les pentes de cette montagne. Il paraît, il est vrai, d'après les descriptions de Breislack, qu'il existe aussi quelques blocs de cette nature sur le cône même du Vésuve, ce qui fait encore supposer à plusieurs géologues que ces roches ont été rejetées par le volcan. L'identité complète entre ces blocs et ceux qui sont répandus en si grande abondance sur les flancs de la Somma, et leur différence avec les bombes volcaniques que le Vésuve lance à chaque éruption me paraissent deux raisons bien puissantes pour croire que les blocs calcaires sont entièrement étrangers au Vésuve. En outre, si ces blocs avaient été rejetés par le Vésuve, ils devraient être beaucoup plus abondants sur le cône central que sur les flancs de la Somma, puisque cette dernière montagne est séparée de la première par une vallée circulaire de plus de 400 mètres de profondeur; cependant le contraire a lieu : les blocs

Blocs sur les pentes du Vésuve.

sont tellement rares sur le Vésuve qu'on ne les rencontre que par hasard, tandis qu'ils sont répandus avec profusion sur les pentes de la Somma. Enfin si l'on trouve une certaine quantité de ces blocs à la surface, leur véritable gisement est au milieu des couches de tuf ponceux et surtout dans les couches inférieures. On peut du reste très-facilement expliquer leur présence sur le cône central par les considérations suivantes.

Les nappes de la Somma, qui ont été épanchées horizontalement, ainsi que je l'ai indiqué il y a seulement quelques pages, ont été recouvertes par le tuf ponceux déposé en couches régulières, lequel contenait, sous forme de galets, les blocs de calcaire, de roches anciennes et de roches amphigéniques. Lorsque la Somma a été soulevée, la portion de tuf qui existait au centre s'est éboulée dans la cavité cratériforme; il est donc naturel que le cône du Vésuve, qui doit son origine en partie au soulèvement du cratère de la Somma, présente quelques blocs sur ses pentes. On peut même dire que l'existence de ces blocs vient ajouter une preuve à celles déjà indiquées pour démontrer que le cône central du Vésuve ne peut être dû seulement à l'accumulation successive des laves, et qu'une autre cause doit avoir participé à son érection.

La sortie des laves a lieu quelquefois par le

cratère même, comme dans les éruptions de 1822 et 1828; mais fréquemment les bouches qui les déversent s'ouvrent sur les flancs et quelquefois même au pied du Vésuve. Il est rare que la lave ne se fasse jour qu'en un seul point, presque toujours il se forme plusieurs bouches qui vomissent successivement ou même à la fois des torrents enflammés. Ces différentes bouches sont ordinairement placées en ligne droite, et fréquemment même elles sont reliées entre elles par une fente : lorsque la lave cesse d'affluer, elle se solidifie dans ces différentes ouvertures, qui constituent par leur ensemble un véritable filon. J'ai déjà fait remarquer ce mode d'expansion de la lave à la surface pour les coulées de la Somma, où l'on voit les filons venir se terminer successivement aux différentes couches qu'ils ont produites.

Position des bouches du Vésuve.

Les éruptions de 1760, de 1794 et du 28 août 1834, affectent cette disposition d'une manière très-prononcée :

La première de ces éruptions s'est faite au pied sud du Vésuve, au-dessous de la pente marquée par la ligne de tuf : elle a eu lieu par 4 bouches situées dans une ligne N.-S., passant par le bord du cratère qui regarde Naples.

Les bouches de 1794 sont placées sur le versant ouest du Vésuve, exactement au commen-

cement de la seconde pente, et par conséquent un peu plus élevées que celles de 1760 : ces bouches, au nombre de cinq, sont disposées suivant une ligne dont la direction E. 38° N., O. 38° S. passe un peu au N. de l'arête circulaire du cratère. Ces cinq bouches comprennent une longueur de plus d'un mille; les deux plus élevées sont recouvertes par des coulées modernes; la troisième, très-allongée dans le sens de la direction particulière à cette éruption, est une véritable fente le long de laquelle s'est élevé un bourrelet très-épais.

L'éruption du 28 août 1834 s'est d'abord fait jour sur le flanc est du cône, aux $\frac{2}{3}$ environ de sa hauteur; plusieurs petites bouches se sont ensuite ouvertes au pied même du cône, dans l'espèce de plaine qui le sépare des escarpements de la Somma, et que l'on désigne dans cette partie sous le nom de *Canal dell' Inferno*; ces différentes bouches sont reliées par une traînée de laves qui paraissent être sorties d'une fente : l'ensemble de ces différentes ouvertures forme une ligne sensiblement droite qui court E. 20° S., O. 20° N.

Cette disposition remarquable s'est représentée dans plusieurs autres éruptions.

La formation de plusieurs de ces petits cratères a été accompagnée de circonstances dont l'examen jette beaucoup de jour sur la manière dont

s'est formé le cône central ; les bouches produites en 1760 atteignent une hauteur assez considérable ; la plus rapprochée du Vésuve s'élève d'environ 70 à 80 mètres au-dessus de la surface du sol ; elle a la forme d'un cône assez régulier, dont la pente est d'environ 24 à 26°, présentant sur le devant, une vaste échancrure, par laquelle s'est déversée la lave. L'arête supérieure est recouverte sur tout son pourtour par une couche de scories rougeâtres, dont les cavités sont remplies de fer oligiste cristallisé. Les parois de l'échancrure et la portion de la coulée qui réunit cette première bouche et la seconde sont tapissées des mêmes scories. Les pentes sont recouvertes de fragments de laves ayant la texture et l'aspect des autres coulées : on n'y trouve que quelques scories tombées de l'arête supérieure ; mais il est évident que sa surface n'en a pas été couverte au moment de l'éruption. On y observe au contraire des blocs provenant d'éruptions antérieures reconnaissables à la grosseur des cristaux ainsi qu'à l'état un peu vitreux de la pâte. La disposition du courant de lave fait en outre présumer que la matière en fusion n'est sortie que par l'échancrure, et qu'elle ne s'est pas répandue sur la surface du cône à la manière d'une nappe qui se déverse par-dessus les bords d'un bassin où l'eau arrive sans cesse. La couleur foncée et la

Formation des bouches de l'éruption de 1760.

structure scoriacée de la lave, qui obstrue encore le canal par lequel elle s'est écoulée, l'indique suffisamment; de plus, il n'est pas probable que la nappe, qui se serait déversée par-dessus les bords se fût arrêtée exactement sur la surface de ce petit cône; elle aurait dû, au contraire, former une coulée sur tout son pourtour, laquelle serait venue ensuite se réunir à la coulée principale : cependant on ne voit à la circonférence inférieure du cône que des laves provenant de coulées d'une autre époque. La forme abrupte et isolée de ce cône, qui s'élève sans présenter à sa base la diminution de pente nécessaire pour raccorder sa surface avec la pente naturelle du sol, est encore une preuve que cette élévation n'a point été formée par une matière visqueuse, comme celle des laves, qui se serait superposée en couches successives. Toutes ces circonstances, au contraire, sont conformes à ce qui serait arrivé si le terrain, d'abord soulevé en forme de cloche par l'action des fluides élastiques qui se dégagent toujours avec une grande abondance au commencement des éruptions, s'était ensuite affaissé au centre, et qu'une large dépression eût remplacé la calotte sphérique qui en formait la partie supérieure.

La disposition de la bouche principale de l'éruption du 28 août 1834 se présente avec des circonstances entièrement analogues à celles que

je viens d'indiquer; mais elles sont encore plus faciles à saisir, parce que sa surface n'a éprouvé aucune modification, et que la pente du Vésuve, sur laquelle a eu lieu cette éruption, est complétement recouverte d'une cendre d'un gris clair produite par l'éruption de 1822 : on y distingue alors facilement, et même de loin, toutes les parties de la nouvelle lave.

Formation du cône de 1834.

La bouche supérieure du mois d'août 1834, ainsi que je viens de l'indiquer quelques lignes ci-dessus, a été ouverte sur la surface même du cône, aux deux tiers de la hauteur; elle présente la forme d'un entonnoir portant une échancrure sur le devant. Un sillon noir, couvert de laves, indique le chemin que la lave a parcouru; ce sillon se compose de deux parties très-distinctes (*Pl. VIII, fig.* 4): la lave ne s'est attachée qu'en très-peu de points de la ligne *c*, qui occupe le centre de ce sillon sur toute sa longueur. Partout on voit le sol gris sur lequel la lave a coulé, et, loin d'avoir servi à augmenter l'épaisseur du cône, la lave en coulant a creusé un véritable ravin, et a plutôt détruit qu'édifié. A gauche et à droite de cette ligne médiane existent deux bandes parallèles *c'*, *c'*, couvertes entièrement de laves, si ce n'est au point *d*, où sans doute, le sol étant plus élevé, la matière en fusion a été obligée de se séparer comme l'eau à la rencontre d'une île. Ces deux bandes ne sont

autre chose que des bourrelets qui se sont formés sur les côtés, par la pression latérale de la lave; ils s'augmentaient à chaque instant des parties solidifiées que le courant ne pouvait plus entraîner : c'est par une action semblable que la mer pousse devant elle à chaque flot les galets et les fucus, qu'elle accumule sur ses bords en longues lignes saillantes parallèles au rivage. A la partie inférieure du cône, à l'endroit où sa pente se raccorde avec le Piane, les bandes latérales de scories se réunissent, et on ne voit plus qu'une seule coulée qui se divise et se ramifie suivant les accidents du sol.

Les bourrelets de lave *c'*, *c'* remontent un peu au delà de l'échancrure, mais la surface du petit cône n'en présente presque aucune trace, et sa couleur, uniformément grise, nous apprend qu'elle est complétement recouverte des mêmes cendres que l'éruption de 1822 a répandues sur les pentes E. et N. du Vésuve.

Cette disposition prouve mieux qu'aucun raisonnement la formation de ce cône; comment sa surface pourrait-elle être couverte de cendres s'il n'avait été entièrement édifié aux dépens des coulées antérieures qui ont été soulevées par l'action volcanique? La nouvelle éruption n'y a donc participé que par sa force d'expansion. Ce fait n'est point isolé, je viens d'indiquer que c'est

à une action semblable que paraissent dues les bouches de 1760; le mode que la nature a suivi pour la formation des cônes, de ces deux éruptions, me paraît avoir également présidé à l'érection du cône principal. L'éruption de 1834 nous fournit en outre une preuve directe du peu de matière qui s'accumule sur une pente aussi rapide que celle du Vésuve, elle nous montre par conséquent l'impossibilité que ce cône ait été produit uniquement par l'accumulation de coulées successives de laves. Ce résultat était, du reste, facile à prévoir par les lois de la pesanteur, qui ne permettent pas que des matières liquides, s'écoulant sur une pente de 33 à 34 degrés (inclinaison du Vésuve), puissent se consolider sur une certaine épaisseur. A peine une couche mince a-t-elle pu se solidifier, qu'elle se fendille dans tous les sens, et ses fragments s'accumulent au bas de l'escarpement, à la manière des morènes que l'on voit aux pieds des glaciers.

Ces détails me conduisent naturellement à étudier les lois qui président à l'écoulement et à la solidification des laves, question importante et dont la relation avec la théorie des soulèvements est si intime.

Je viens de montrer que le plus ordinairement les coulées de laves tracent sur la surface du Vésuve des sillons dont la largeur dépend de

Lois de l'écoulement des laves.

l'abondance de la lave et du relief du terrain. Mais, quelle que soit cette largeur, elles se présentent toujours comme de simples lanières : disposition que M. de Humboldt a caractérisée en disant que les laves sont toujours en bandes étroites.

La coulée de 1794, qui s'est prolongée jusqu'à la mer, et a couvert Torre del Greco, est une des plus considérables de toutes celles qui sillonnent les pentes du Vésuve; elle présente à son origine une largeur égale seulement à la 110e partie de la circonférence sur laquelle ses bouches sont ouvertes; tandis que dans l'endroit où elle atteint sa plus grande largeur, c'est-à-dire en face de Dedonna, située à $\frac{1}{4}$ de sa longueur totale, elle est égale environ à la 55e partie de la circonférence du cercle qui passe à cette hauteur du Vésuve.

Étendue et puissance des coulées.

La largeur de la coulée du 28 août 1834, mesurée à la moitié de sa course, c'est-à-dire environ $\frac{1}{2}$ mille au-dessus de la maison de campagne du prince d'Ottajano, est environ la 80e partie du cercle correspondant, et dans cette portion de sa course cette coulée est divisée en trois branches, circonstance qui en réduit notablement la puissance réelle. La moyenne de ces deux exemples établirait la largeur des coulées égale à la 82e partie de la surface du Vésuve; mais, comme elles sont de beaucoup les plus larges et les plus abondantes, on

est encore au-dessus de la vérité, en la regardant comme égale seulement à la 100e partie.

Épaisseur des coulées.

L'épaisseur des coulées, abstraction faite des cavités du sol sur lequel elles s'étendent, est en relation avec la pente; la lave s'accumule avec quelque abondance dans les parties plates, le mouvement d'avancement s'arrêtant bientôt lorsque la lave se répand sur un sol à peu près horizontal. Mais, pour des inclinaisons égales, l'épaisseur est à peu près constante; ce qui tient à ce que les laves du Vésuve, composées des mêmes éléments, possédent une fluidité semblable. Cette épaisseur dépasse rarement trois mètres et, quand on suit le bord d'une coulée, il est rare que l'œil ne puisse en embrasser à la fois la surface sur une assez grande étendue. On voit s'élever, au-dessus du niveau général, des blocs plus ou moins considérables placés debout comme les pierres druidiques; mais, quelque abondants qu'on les suppose, ils ne sont jamais que des exceptions qui augmentent de bien peu la puissance totale de la coulée. Je montrerai bientôt que dans les différentes carrières qui bordent la mer, au Granatello, à la Scala, à Torre del Greco, etc., ainsi que dans les coupes que l'on observe dans les escarpements du Fosso-Grande, l'épaisseur des coulées de laves atteint rarement cinq mètres; cependant dans ces carrières, les laves se sont accumulées sur un sol horizontal.

Manière de couler des laves.

Le mouvement des laves, quoique de même nature que celui de l'eau, présente cependant des différences essentielles qui résultent de leur viscosité, et surtout de ce que toute la nappe ne possède pas la même fluidité. Les surfaces extérieures de la lave se solidifient bientôt, tandis que l'intérieur reste à l'état de fusion; cette partie liquide est la seule qui possède le mouvement : elle coule à l'abri de l'atmosphère, en entraînant et en chassant devant elle la lave solidifiée. Cette circonstance explique pourquoi le courant de lave ne forme pas une simple lame, mais une masse ayant une certaine épaisseur, et présentant des bords assez nets, de telle façon que la lisière d'une coulée semble un véritable mur. Outre cette disposition, la plupart des coulées présentent des bandes longitudinales assez parallèles entre elles; ces larges stries, saillantes sur la surface, sont les traces du mouvement de la lave, qui ne s'avance pas d'une seule pièce, mais par bandes parallèles. Le courant intérieur est alimenté par la lave qui s'échappe de la bouche du volcan; suivant son abondance, la coulée s'étend sur une plus grande longueur de la pente, ou même jusqu'à la plaine horizontale sur laquelle s'élève le Vésuve. Le mouvement cesse, ou par le défaut de pente, ou par défaut de matière; la pente, sur laquelle le mouvement de la lave vient mourir,

varie avec sa nature. On conçoit, en effet, qu'une lave pourra couler sur la même pente, où une autre encore chaude et liquide s'arrêtera. C'est seulement lorsque le courant ne peut vaincre la résistance du frottement sur le sol que la lave s'accumule sur une certaine épaisseur, et qu'elle acquiert, par un refroidissement lent, la structure basaltoïde.

Quand les coulées s'arrêtent par suite du peu d'abondance de la matière vomie par le volcan, la lave s'amincit et se tiraille dans tous les sens, comme une matière pâteuse que l'on étire. Dans ce cas, elle présente les caractères de scories, et elle ne devient jamais lithoïde.

L'intérieur des coulées possède une haute température, et reste même en fusion longtemps après que la lave a cessé de couler.

La longueur du refroidissement dépend en général, de l'épaisseur de la couche de laves, et de quelques autres circonstances peu connues. La haute température et la fusion de la lave sont indiquées par la présence des fumarolles, c'est-à-dire par le dégagement des vapeurs de différentes natures qui s'échappent sous forme de fumée. Au Vésuve, ces vapeurs paraissent se composer, d'acide carbonique, d'eau, d'acide muriatique et de sel marin. On a indiqué souvent de l'hydrogène sulfuré, mais on s'est assuré, par des essais réitérés, qu'il

Des fumarolles.

ne se dégageait pas de soufre. L'odeur piquante de l'acide muriatique le rend très-reconnaissable; en outre, les parties où les fumarolles se dégagent sont toujours couvertes de croûtes blanches de sel marin et d'efflorescences d'un jaune clair, que l'on prend assez généralement pour du soufre, et qui sont dues à un sous-muriate de fer. A mesure que la lave se solidifie les fumarolles s'éteignent, leur présence est une indication certaine de l'épaisseur de la coulée; tant que la lave afflue, elles brûlent sur toute la longueur du courant de laves. Dans l'éruption du 28 août 1834, les fumarolles se sont éteintes, au bout de très-peu de jours, à la partie supérieure de la coulée, laquelle s'est solidifiée presque immédiatement par suite de la grande inclinaison du cône, qui n'a permis qu'à une très-faible quantité de laves d'adhérer à la surface. Les fumarolles étaient au contraire encore en pleine activité à la fin d'octobre, c'est-à-dire deux mois après l'éruption, vis-à-vis la maison de campagne du prince d'Ottajano, située à plus de deux milles au-dessous de l'orifice de sortie de la lave. Suivant toute probabilité, quelques-unes d'entre elles ont brûlé encore pendant plusieurs mois. Les fumarolles persistent donc en général plus longtemps à la partie inférieure des coulées, ce qui tient au mouvement continu de la lave, qui tend sans cesse à avancer. Elles se prolon-

gent aussi dans les parties où la conformation du sol a forcé la lave à s'accumuler en plus grande quantité. La position des fumarolles, dans ces différentes circonstances, n'est pas non plus indistincte ; elles sont en général placées suivant les stries longitudinales que présentent les coulées, disposition du reste, complétement en rapport avec le mouvement d'avancement des coulées.

Les vapeurs qui se dégagent de la lave et donnent naissance aux fumarolles lui sont propres; car elle ne les reçoit plus du volcan, avec lequel toute communication est interceptée une fois que la lave a cessé de couler; et d'un autre côté, elle ne peut les emprunter au sol sur lequel elle repose. Les laves ne contenant plus les éléments de ces fumarolles lorsqu'elles sont solidifiées, il faut donc que ces vapeurs restent en dissolution dans les laves tant qu'elles sont en fusion, leur présence favorise probablement cet état moléculaire, puisqu'elles se dégagent instantanément de la lave au moment de la cristallisation.

La surface extérieure des coulées est toujours scoriacée; elle présente des stries qui sont les traces du mouvement de traction, auquel la lave a été soumise dans son état visqueux. Considérées dans leur ensemble, elles sont composées d'un assemblage de fragments anguleux disposés d'une manière irrégulière. Cette disposition est le résultat

du retrait que les laves éprouvent dans leur refroidissement, et qui les fait éclater dans tous sens; par suite de ce refroidissement, la surface des coulées est fréquemment hérissée de blocs assez considérables, placés dans une position verticale et en saillie de plusieurs pieds au-dessus du niveau général.

Texture des laves en rapport avec leur inclinaison.

La texture fragmentaire des laves est constante, tant que le sol sur lequel elles s'étendent présente une inclinaison supérieure à deux degrés. Lorsque la pente du sol est légère, et que la masse affluente est considérable, la coulée acquiert alors une certaine épaisseur, et la lave, se refroidissant lentement, prend la texture cristalline; dans cette circonstance même, la surface extérieure de la coulée est encore scoriacée. Lorsque les fragments de laves ont une épaisseur un peu considérable, il arrive ordinairement que le centre est assez cristallin; mais presque jamais il ne possède la structure compacte que l'on observe dans les coulées horizontales. La fluidité des laves et leur affinité pour la chaleur, exercent aussi de l'influence sur la texture de ces roches.

Pour établir, d'une manière certaine, le fait important de la relation de la texture des laves et de l'inclinaison des coulées, il est nécessaire que je donne quelques exemples; je les choisirai parmi les coulées les plus étendues, afin qu'elles présentent les différentes circonstances qui font

varier la texture des produits volcaniques. Je pourrais, du reste, les citer toutes au hasard; car je ne crois pas qu'il existe une seule coulée où les lois que je vais indiquer éprouvent d'anomalie.

La lave de 1794, qui a pris naissance au-dessous du Piane au milieu duquel s'élève le cône du Vésuve, et qui est descendue jusqu'à la mer, sur les bords de laquelle elle forme un escarpement, nous fournit un exemple complet sous ce rapport. Lave de 1794.

L'inclinaison de cette coulée, au-dessous des bouches dont elle s'est échappée, est de 5°53'. Elle est composée de fragments incohérents et scoriacés; ces fragments dans leur cassure, sont d'un gris extrêmement foncé, complétement bulleux; ils présentent quelques grains hyalins blancs, gros au plus comme la tête d'une épingle, des grains vitreux analogues au péridot, et des lamelles extrêmement rares qui paraissent appartenir à du Labrador. La coulée, fort étroite à son origine (100 mètres au plus), et dont l'épaisseur moyenne était environ de $1^{m},50$, s'élargit beaucoup près de Falanca (*Pl. IX*), maison de campagne située à 1.200 mètres des bouches qui l'ont vomi, et à la réunion de deux petits ravins. Elle conserve sa largeur, environ 500 mètres, jusqu'à Balzano, où le relief du sol a forcé la lave à se séparer en deux courants; le plus oriental s'est dirigé vers Vitello, près duquel il s'est arrêté;

tandis que l'autre branche s'est précipitée vers la mer, en couvrant en partie la ville de Torre-del-Greco.

La pente de la coulée au-dessus de Falanca, est encore de 5°; entre ce point et Balzano, maison isolée, et que la lave a entourée de tous côtés, elle est seulement de 3° 59′. Cette inclinaison est celle d'une ligne qui passerait sur toute cette partie de la coulée, longue d'environ 1.300 mètres; elle est plus grande que l'inclinaison de sa dernière moitié, parce que le sol présente une double pente qui forme une véritable cascade. Malgré cette diminution dans l'inclinaison, l'état fragmentaire et scoriacé de la lave est le même; elle semble plutôt formée par la réunion de débris placés par une action alluviale, que le résultat de la consolidation d'une nappe de matière en fusion. La maison, qui a été enveloppée par la lave, nous permet de voir l'épaisseur totale de la coulée, qui est d'environ 4 mètres.

A plus de 1.200 mètres au-dessous de Balzano, la coulée est encore à l'état fragmentaire, quoique la pente diminue graduellement; ce n'est qu'à une très-petite distance de Torre-del-Greco, lorsque le sol devient presque horizontal, qu'elle commence à être cristalline. Dans la ville même, la lave est composée de la réunion de cristaux de pyroxène, de nodules hyalins blancs, et de quelques

grains de péridot, le tout réuni par une masse d'un gris foncé, fusible en émail blanc. Les cristaux de pyroxène sont plus abondants dans la lave de 1794 que dans la plupart des autres coulées du Vésuve. Sur les bords de la mer, l'épaisseur de cette coulée est d'environ 7 mètres. Un escarpement à pic m'a empêché d'étudier les différents détails de sa composition; vue du haut du rivage, elle paraît compacte, et on la prendrait pour du basalte, si on ne voyait pas la coulée qui l'a produite : sa structure, jusqu'à un certain point prismatique, tend à augmenter cette illusion. Plusieurs de ces parties columnaires sont séparées par les eaux, et dans une petite anse, on voit la mer se jouer entre des prismes irréguliers que l'action destructive des flots a isolés de la falaise.

La coulée de 1810 est sortie au pied du Vésuve, un peu au-dessus de l'ermitage dit *Il Salvatore*; après avoir tourné le massif de tuf sur lequel est construit cet ermitage, la lave s'est précipitée dans le ravin, connu sous le nom de *Fosso-Grande*, qu'elle a suivi dans une partie de sa longueur. La pente générale de cette lave, au-dessus du Fosso-Grande, est de 7°, elle éprouve sur sa longueur plusieurs ressauts de 15°; de sorte que, dans certaines parties de sa course, l'inclinaison réelle ne dépasse pas 4°; partout, néanmoins, elle est à l'état fragmentaire et scoriacé. Le changement

Coulée de 1810.

dans l'inclinaison influe seulement sur la puissance que présente cette coulée; très-mince dans les parties où l'inclinaison est forte, elle acquiert jusqu'à 5 mètres de puissance, lorsque la pente est réduite à 5°; la différence dans l'état cristallin est en rapport avec la différence d'épaisseur. Ainsi le sable, qui provient de la destruction de la lave en nappe mince, est composé de grenailles informes, tandis qu'on trouve au contraire un assez grand nombre de cristaux de pyroxène et de grains hyalins blancs dans le sable produit par la désagrégation de la lave, lorsque sa puissance est de 5 mètres.

Cette coulée a rencontré dans sa course plusieurs habitations, elle les a entourées, à la manière d'un liquide visqueux, en formant au-devant une dépression, tandis qu'elle s'est élevée sur leur derrière, c'est-à-dire dans le sens du courant. Malgré ce mouvement ascensionnel, dû à la résistance que le courant a éprouvée de la part de ces obstacles, cependant les murs n'ont point été renversés : cette circonstance est probablement le résultat du peu de vitesse de ce courant embrasé, qui n'a fait que s'appuyer sur ces habitations. C'est à la même cause que l'on doit attribuer l'élévation des rebords des laves qui sont terminés par un très-faible talus, de sorte qu'elles paraissent contenues entre deux murs.

L'éruption de 1767 a donné un courant qui a suivi à peu près le même chemin que la lave de 1810 ; seulement son affluence était beaucoup plus considérable ; de sorte qu'elle a recouvert le fond du ravin du Fosso-Grande sur toute sa longueur, et qu'elle s'est ensuite répandue dans la campagne, sur à peu près un mille de longueur. Coulée de 1767.

Dans la partie supérieure du Fosso-Grande, jusqu'à environ 1.000 mètres de son origine, la pente sur laquelle la lave a coulé est de 19°. Cette forte inclinaison est augmentée, dans quelques points, par des chutes assez considérables ; il en résulte que la coulée, dont l'épaisseur est seulement de $0^m,50$ à $0^m,75$, est tordue suivant le sens de la longueur, et semble formée de la réunion de gros câbles placés à côté les uns des autres. Elle est en outre entièrement scoriacée et bulleuse, et l'on y aperçoit seulement de loin en loin de très-petits noyaux cristallins informes.

La pente décroît rapidement ; elle n'est plus que de 7° à 1600 mètres au-dessous de l'origine du ravin, point où il s'élargit beaucoup, et près duquel les escarpements de tuf viennent se terminer. La lave ne présente plus ces traces profondes d'étirement que je viens de signaler ; elle est fragmentaire et très-scoraciée. Enfin, au delà des escarpements du Fosso-Grande jusqu'à l'extrémité

de la coulée, la pente du sol n'est plus que de 4°. La largeur de la coulée et son épaisseur augmentent assez fortement ; mais l'état fragmentaire de la lave ne change pas, seulement la texture cristalline est plus développée, et l'on y trouve de nombreux noyaux hyalins blancs.

La lave produite par l'éruption de 1760, sur laquelle j'ai donné quelques détails, est partout à l'état fragmentaire et scoracié ; son inclinaison, prise depuis son origine jusqu'à son extrémité, est de 4°. Elle est par conséquent beaucoup plus faible dans le bas, et cependant nulle part la lave ne devient compacte et granitoïde.

Coulée de 1807.

La lave de 1807, qui a coulé sur la pente sud du Vésuve, entre Torre-del-Greco et les Camaldoli, a traversé la grande route de Naples à Sorrente : près de Falanca, point où elle coupe cette route, son angle avec l'horizon est de 3° 15′ ; malgré cette faible inclinaison, toute cette coulée est composée de fragments incohérents et scoriacés.

Coulée de 1834.

La coulée du 28 août 1834, dont l'origine est, ainsi que je l'ai indiqué, sur le cône même du Vésuve, a parcouru une longueur de 6.600 mètres environ, et s'est répandue au delà de la seconde pente du Vésuve : son inclinaison, d'abord très-forte, est réduite à 8° au-dessous de la chute qu'elle présente à sa sortie du Piane ; un peu avant la maison de campagne du prince d'Otta-

jano, cette inclinaison n'est plus que de 6°; enfin, entre cette campagne et l'extrémité de la coulée, la pente est réduite à deux degrés. Malgré cette grande différence, la lave ne présente en aucune partie de son cours une texture compacte; partout elle est scoriacée, seulement dans les parties inférieures elle contient une assez grande quantité de grains hyalins et de péridot.

Je terminerai ces détails sur la texture des coulées en indiquant la nature des laves, dans plusieurs carrières situées sur les bords de la mer, où elles se sont étendues sur un sol horizontal.

Les carrières les plus près de Naples sont exploitées près du fort du Granatello, au pied de Resina. Le sol sur lequel la lave s'est moulée étant fort irrégulier, il en résulte que la coulée a une épaisseur qui varie dans différents points de la carrière, et la texture de la lave éprouve des variations correspondantes.

Lave cristalline du Granatello.

Dans la carrière située immédiatement derrière la caserne des forçats, la lave se présente sur une puissance d'environ 9 mètres; cette épaisseur se divise en trois parties distinctes, séparées par des fissures horizontales, qui donnent à la masse une fausse apparence de stratification (*Pl. VIII, fig.* 5 et 6); on serait porté à les regarder comme le produit de coulées différentes, sans leur juxta-position immédiate. La partie inférieure

sur une hauteur de 2 mètres est imparfaitement prismatique, tandis que la moyenne ne présente pas cette disposition.

Outre les fissures verticales qui donnent à cette partie de la coulée la structure columnaire, il en existe dans toute la masse un grand nombre disposées horizontalement. Ces fissures ne séparent pas la coulée en strates, elles ont seulement quelques pieds de longueur, se terminent en coin à leurs extrémités, tandis qu'au centre elles s'élargissent et ont une ou deux lignes d'épaisseur; elles paraissent produites par des bulles allongées qui ont laissé un vide. La lave est assez uniforme dans toute cette carrière, elle est formée d'une pâte d'un gris clair, composée presque entièrement de points brillants et cristallins, dans laquelle sont disséminés des cristaux de pyroxène, quelques grains arrondis hyalins, et de petits nodules vitreux d'un vert jaunâtre, que je présume être du péridot. Les cristaux de pyroxène sont lamelleux et d'un vert assez foncé, ils paraissent appartenir au diopside.

Les nombreuses fissures de ces laves sont tapissées de petits cristaux, la plupart indéterminables, mais dont quelques-uns affectent la forme propre au groupe du feldspath. D'après leur abondance et la manière dont ils se fondent dans la pâte, il n'est pas douteux que la masse ne soit en

grande partie composée de la matière de ces cristaux qui, d'après plusieurs essais (1), contiennent une quantité assez considérable de soude; mais sur la nature desquels je ne suis pas encore fixé.

L'examen de toutes les laves du Vésuve qui se sont refroidies dans des circonstances analogues à celle du Granatello, me conduit à conclure qu'elles ont toutes une composition semblable; elles diffèrent par conséquent des laves de la Somma, lesquelles en outre ne présentent pas de fissures : ce caractère ne se retrouve pas non plus dans les trachytes et les basaltes.

La partie supérieure de la carrière (*Pl. VIII, fig.* 5 et 6) est formée par une masse scoriacée, blanchâtre, très-bulleuse, ressemblant à une véritable écume. Cette espèce de scorie est extrêmement

(1) J'ai fait déjà plusieurs analyses des laves du Vésuve; mais je n'ai pas encore recueilli assez de résultats pour avoir une opinion certaine sur leur composition. Leur examen fera l'objet d'un travail particulier. Ces laves se comportent toutes de la même manière au chalumeau, et elles sont presque entièrement solubles dans l'acide nitro-muriatique, en ayant le soin de les réduire en poussière impalpable; l'attaque est vive, et se fait avec un grand dégagement de chaleur. Je joins ici l'analyse d'une lave cristalline du Granatello et de la Scala. Afin que l'analyse représente celle de la masse même, j'ai séparé avec soin les cristaux de pyroxène qu'elles contenaient.

légère ; examinée à la loupe, on reconnaît qu'elle contient des petits cristaux en prismes rhomboïdaux obliques : je n'y ai point vu de cristaux d'amphigène ; l'épaisseur de cette partie bulleuse est très-variable, elle est de quatre mètres dans les points où sa puissance est la plus grande. La séparation de la lave compacte et de la partie scoriacée n'est pas tranchée, et l'on peut facilement recueillir des échantillons présentant ces deux manières d'être de la lave.

Dans quelques points de la carrière du Granatello, le sol sur lequel la lave s'est étendue se relève brusquement (*fig.* 6), et l'épaisseur de 9 mètres est réduite à 3^{m},50. L'assise de la coulée, qui repose immédiatement sur le sol, est sur 1 mètre de puissance à l'état de scories bulleuses, noires et non cristallines, on y observe cependant quelques cristaux.

La lave qui occupe le centre de la coulée est compacte, elle est également recouverte de scories et de laves scoriacées. Aussitôt que le sol présente des dépressions dans lesquelles la lave s'est accumulée, on voit la structure columnaire se reproduire ; les *fig.* 5 et 6 (*Pl. VIII*) donnent une idée de cette disposition.

Lave de la Scala. Dans les carrières de la *Scala*, situées à moitié chemin de Resina et de Torre del Greco, la lave est plus puissante et son tissu est plus serré que dans

celles du Granatello. L'une de ces carrières nous a présenté la coupe suivante (*Pl. VIII, fig.* 7) : la lave est séparée en quatre bandes ou assises par des fissures irrégulières, mais cependant horizontales dans leur ensemble. Ces divisions sont tellement prononcées, que les ouvriers les mettent à profit pour l'exploitation des laves, que l'on exécute par gradins de la hauteur même des assises. Les laves sur toute la hauteur de la carrière, à l'exception de l'assise supérieure qui est à l'état de scories, présentent la même texture; de façon qu'il serait difficile de dire de quelle partie proviennent les différentes pierres que l'on voit éparses dans la carrière. La lave de la Scala est d'un gris clair comme celle du Granatello, elle est composée des mêmes éléments. La masse principale est également formée par un grand nombre de petits cristaux prismatiques qui tapissent toutes les fissures et qui se fondent dans la partie plus compacte; elle contient beaucoup moins de cristaux de pyroxène, mais elle renferme en plus grand nombre des grains hyalins blancs, qui sont si abondants dans les laves scoriacées.

L'assise inférieure, qui a deux mètres de hauteur, est imparfaitement columnaire, et les fragments verticaux que l'on en détache sont irrégulièrement prismatiques.

La seconde assise, séparée de l'inférieure par

une forte rainure, est encore prismatoïde, son épaisseur est de 3 mètres : dans la troisième assise la structure columnaire n'existe plus, elle est au contraire divisée en six strates par des fissures irrégulières disposées horizontalement. Les laves composant ces différentes assises sont en outre traversées de petites fentes tapissées d'une multitude de cristaux prismatiques comme au Granatello. Une masse scoriacée, ayant un mètre à 1m,50 d'épaisseur, forme la partie supérieure de ces carrières, elle est blanchâtre et très-bulleuse.

Dans plusieurs carrières de la Scala, l'épaisseur totale de la lave s'amincit par l'irrégularité du sol, alors la texture columnaire disparaît, et lorsqu'on aperçoit la partie inférieure de la coulée, on la voit reposer sur un lit de scories.

La lave de la Scala est presque partout recouverte de végétation, et je n'ai pu étudier sa texture dans les parties où la pente sur laquelle elle s'est étendue est un peu plus considérable; la coulée de 1551, exploitée au Granatello, se montre au contraire au-dessus de Resina pendant une certaine longueur, avec les caractères des autres courants de lave. Au-dessus de Resina, cette coulée a six pieds de puissance, ses parois, sur une épaisseur d'environ un pied, sont à l'état de scories d'un gris très-foncé. Les parties immédiatement en contact avec les scories sont bulleuses

tandis que le centre présente une bande assez compacte de $0^m,50$ à $0^m,80$ de puissance. A une heure au-dessus de Resina, la surface de la lave forme avec le bord de la mer un angle de 4° 15′; elle est alors composée exclusivement de fragments incohérents noirs et scoriacés.

Le ravin du Fosso-Grande nous fournit sur un très-petit espace des exemples saillants de la différence de texture des laves, suivant le plus ou moins d'inclinaison du sol. **Laves du Fosso-Grande.**

Cette fente est ouverte dans le tuf ponceux qui forme les contre-forts du Vésuve, et s'élève presque jusqu'à la crête de la Somma. Sur ses deux côtés les couches de tuf se correspondent (*Pl. VIII, fig.* 9); elles sont inclinées de 10 à 12° : sur la droite du ravin, on voit les nappes de la Somma sortir de dessous le tuf, tandis que dans l'escarpement de gauche le tuf est, au contraire, recouvert par trois coulées puissantes de laves (*Pl. VIII, fig.* 11), dont l'ensemble peut avoir de 18 à 20 mètres d'épaisseur ; elles sont séparées par des couches de scories disposées en talus. Les différentes coulées de laves en retrait les unes sur les autres, comme les marches d'un escalier, sont séparées par des lits de scories; ces laves se sont répandues sur une partie plane, de sorte qu'elles ont acquis une grande puissance. Les caractères extérieurs de ces laves sont complétement identi-

ques avec ceux de la lave de la Scala, qui s'est refroidie dans des circonstances semblables. Chaque coulée se divise de même en plusieurs assises séparées par des fissures irrégulières. La coulée inférieure est en partie columnaire ; cette structure est surtout prononcée dans quelques points où, le tuf présentant des dépressions, la lave s'y est accumulée sous forme de culot prismatique. Le contact du tuf et des laves est marqué par une assise de scories; vers le bas du Fosso-Grande, l'escarpement présente une chute rapide, où les laves ayant alors formé cascade, elles se sont fortement amincies, et leur surface porte encore des traces prononcées de l'étirement qu'elles ont éprouvé, comme on l'observe dans toutes les coulées modernes.

Conclusion sur la texture des laves.

La réunion des détails que je viens de donner sur la texture de plusieurs coulées, montre avec la dernière évidence que les laves ne sont compactes et cristallines, que lorsqu'elles se sont répandues sur un sol ayant 1 degré à 2 degrés au plus d'inclinaison : pour qu'elles deviennent columnaires, il faut en outre que la coulée possède une assez grande puissance. Lorsque la pente du terrain est supérieure à 2°, la texture compacte commence à s'effacer, les laves deviennent bulleuses et même scoriacées. Les coulées, qui se présentent sous un angle de 4°, ne sont plus que des agglomérations de fragments incohérents. Si

elles possèdent quelquefois encore une texture compacte, elles en sont toujours redevables à des circonstances particulières, qui ont permis à la lave de s'accumuler en plus grande quantité sur certains points.

Cette inclinaison de 4° représente à peu près la pente générale du Cantal ; elle est de beaucoup inférieure à l'inclinaison des nappes de trachyte et de basalte dans les parties supérieures de ce groupe, laquelle est moyennement de 9 à 10° ; cependant dans le Cantal, malgré cette forte inclinaison, les trachytes et les basaltes sont constamment compactes et cristallins : n'est-il pas dès lors presque certain que les nappes du Cantal ont coulé sur un sol à peu près horizontal, et que c'est une cause récente qui les a portées dans la position qu'elles occupent actuellement. Il en est de même des laves de la Somma, dont la texture est celle d'un porphyre amphigénique, quoique cependant elles forment des nappes inclinées de 20 à 25 degrés. L'inspection seule des escarpements du Fosso-Grande, qui présentent en regard les nappes inclinées de la Somma et les coulées du Vésuve actuel, lesquelles sont scoriacées aussitôt que la pente du terrain est un peu forte, fournit une des preuves les plus convaincantes à l'appui de cette conclusion.

IV. PHÉNOMÈNES

Qui ont accompagné l'ensevelissement d'Herculanum et de Pompeï.

Je terminerai cette notice sur le Vésuve par une courte description de la masse de tuf qui recouvre Herculanum et Pompeï. On sait que la destruction de ces deux villes se rattache à l'éruption du Vésuve, qui eut lieu en 79. Le silence de Pline sur leur ensevelissement, a été cause de quelques doutes sur l'époque de cette catastrophe. Il est vrai qu'un semblable oubli est presque incompréhensible dans une narration destinée à faire connaître les principaux phénomènes de cette trop célèbre éruption; mais une foule de circonstances prouvent cependant une connexité entre ces deux événements. Seulement il est probable que l'enfouissement d'Herculanum et de Pompeï n'a pas été instantané; il paraît être en partie le résultat d'alluvions boueuses dépendant des phénomènes volcaniques. On admet généralement que Pompeï a été enfouie sous la pluie de cendres qui a accompagné l'éruption de 79, et que la ville d'Herculanum a été recouverte par une coulée de laves : en examinant avec attention la nature et la disposition des tufs qui recouvrent ces deux

villes, on reconnaît bientôt qu'ils sont composés des mêmes éléments, et que les différences qu'ils présentent, soit dans leur texture, soit dans la grosseur de leurs grains, tiennent à la distance à laquelle Herculanum et Pompeï sont placées du Vésuve. Ni l'une ni l'autre de ces villes ne présente d'indices de coulées de laves, et les cendres proprement dites me paraissent n'y avoir joué qu'un faible rôle, du moins pour l'exhaussement du sol. En effet, si elles avaient été recouvertes entièrement par les cendres, il se serait passé un phénomène du même ordre que l'envahissement des terres par les dunes; mais si on compare les circonstances qui ont accompagné l'enfouissement de Pompeï avec ce qui a lieu dans les Landes, lorsque des habitations sont couvertes par les sables transportés sans cesse par l'action du vent, on remarque bientôt des différences essentielles entre deux phénomènes analogues, et qui devraient produire des résultats semblables. Dans les dunes, le sable s'élève graduellement autour des édifices, sans s'introduire dans leur intérieur, et les toits sont recouverts depuis longtemps, qu'on peut encore, au moyen de tranchées, pénétrer dans les différentes parties des maisons. A Herculanum et Pompeï, au contraire, les excavations sont complétement remplies, il ne reste aucun vide, même

Causes de l'ensevelissement de Pompeï.

dans les caves les plus profondes, et dont les voûtes sont cependant intactes. Ce comblement est tellement parfait, que le tuf présente partout l'empreinte exacte des objets qu'il enveloppe, circonstance qui ne peut s'accorder avec une simple pluie de cendres. La matière doit avoir été introduite par un liquide qui pouvait s'insinuer par les ouvertures, même les plus petites; l'eau, en s'écoulant, a abandonné le limon qu'elle tenait en suspension, lequel, en se tassant, a produit le tuf compacte et homogène qui remplit l'intérieur des habitations de Pompeï; mais, pour qu'une semblable opération ait pu s'effectuer, il a fallu un temps assez considérable. Des éboulements causés par l'éruption même paraissent avoir fourni la matière pulvérulente, qui plus tard a été insinuée dans l'intérieur des habitations par l'action prolongée des eaux. La relation de Pline s'accorde avec cette supposition. En effet, il dit : « Que déjà sur ces vaisseaux (de la flotte de » Pline) volait la cendre plus épaisse et plus » chaude à mesure qu'ils approchaient. Déjà » tombaient autour d'eux des pierres calcinées et » des cailloux noirs ou brûlés, pulvérisés par la » violence du feu; la mer semblait refluer et le » rivage devenir inaccessible, par des quartiers » de montagnes dont il était couvert (1). »

(1) Lettre XVI de Pline à Tacite, sur la mort de son oncle.

L'expression *quartiers de montagnes* ne peut s'appliquer qu'à des masses considérables éboulées.

Il y a donc eu des éboulements en même temps qu'une pluie de cendres.

L'émigration des habitants aurait donc été causée par la pluie brûlante, qui n'a cessé de tomber pendant quatre jours et quatre nuits; tandis que l'ensevelissement de la ville aurait été produit par un vaste éboulement, et le comblement aurait été le résultat de l'entraînement des matières incohérentes de l'éboulement par l'action des eaux.

Nature du tuf qui recouvre Pompeï.

L'examen des masses terrenses qui reconvrent Pompeï et Herculanum vient à l'appui de cette supposition. Elles sont toutes deux presque entièrement composées d'éléments étrangers au Vésuve proprement dit; elles sont au contraire formées par des débris du tuf des environs de Naples, lequel constitue les contre-forts du Vésuve, et s'élève presque jusqu'à l'arête culminante de la Somma. L'épaisseur de la masse qui recouvre Pompeï varie suivant le relief du sol; on peut l'évaluer généralement à 16 pieds. Les maisons et les édifices sont complétement recouverts, l'amphithéâtre seul s'élève un peu plus haut que le niveau général, et on voit son arête supérieure saillir de quelques pieds au-dessus de ces dépôts modernes. Il est probable que cette hauteur du

tuf a été plus grande; car sans cela on aurait découvert Pompeï bien plus anciennement. Peut-être son niveau s'est-il abaissé par suite du comblement successif. Les tranchées qui ont été faites autour de l'amphithéâtre pour le décombrer nous font connaître la disposition générale et la nature de la masse recouvrante qui se compose de plusieurs assises. Elles présentent généralement la succession suivante (*Pl. VIII, fig.* 12); la seule différence qui existe entre des coupes prises à certaines distances consiste dans l'épaisseur des assises.

1° La partie inférieure est composée de la réunion de fragments de pierre ponce, la plupart de la grosseur d'une noix, mais dont un grand nombre ont plus de cinq ou six pouces de diamètre; ces ponces sont mélangées de fragments de laves de la Somma, de trachytes et même de quelques morceaux de calcaires: cette assise a quatre pieds ½ à cinq pieds d'épaisseur; comme elle n'est pas cimentée par des parties terreuses, elle ne possède aucune solidité.

2° L'assise de pierres ponces est recouverte par un tuf composé de parties fines d'apparence argileuse, possédant une certaine solidité, mais dont il est cependant assez difficile de faire des échantillons. Ce tuf est mélangé d'une grande quantité de petits fragments de pierre ponce d'un gris clair et de couleur jaunâtre, en général très-

friables ; on distingue au milieu de cette masse terreuse des fragments lamelleux blancs, appartenant à du Racolythie, des cristaux de pyroxène et des petits galets blancs assez durs, fusibles en émail blanc.

A la loupe on reconnaît bientôt, que l'espèce d'argile qui donne de la solidité à cette seconde assise est composée de débris très-ténus de la même pierre ponce, dont je viens de signaler des fragments plus gros. La composition de ce tuf est donc uniforme, il est formé presque uniquement de débris du tuf ponceux, et il existe seulement une différence dans la grosseur de ces parties. Cette masse terreuse présente quelquefois une solidité qui ne lui est pas habituelle, et cependant on remarque qu'elle s'égrène encore entre les doigts. Si on enlève les parties terreuses au moyen d'une forte brosse, on reconnaît que la solidité a été donnée par des filtrations siliceuses, qui ont traversé la masse et se sont solidifiées sous forme d'une croûte très-irrégulièrement concrétionnée.

L'épaisseur de cette assise est variable, elle peut avoir moyennement quatre pieds. Elle présente des traces de stratification très-prononcées, et ses strates sont même dans une position contrastante avec la ligne de séparation du tuf et de l'assise de pierres ponces. Cette disposition, qui se retrouve dans tous les dépôts de sédiment

prouve d'une manière incontestable que les eaux ont joué un grand rôle dans l'ensevelissement de Pompeï.

3° Une couche mince de pierre ponce met une séparation tranchée entre l'assise que je viens de décrire et la suivante; ces pierres ponces sont de même nature que celles qui forment la partie inférieure de toute cette masse; seulement les fragments sont, au plus, gros comme une noisette.

4° Une assise de tuf terreux friable, divisée en plusieurs strates, forme la partie supérieure. Les strates sont séparés par des lits de 4 à 5 pouces de nodules, semblables à des pisolites composés des mêmes éléments que la masse terreuse, mais seulement possédant une cohésion plus grande. Il faut, pour écraser ces nodules, exercer une pression encore assez forte, tandis que ce tuf lui-même tombe en poussière par la simple dessiccation et par le plus léger frottement entre les doigts. Il m'est donc impossible de voir dans ces globules autre chose que des concrétions, et leur présence ainsi que leur disposition me paraissent des raisons qui confirment encore la supposition que j'ai faite sur la catastrophe de Pompeï. M. Poulet Scropp, et après lui M. Lyell (1), sup-

(1) Principles of Geology, etc. (3e édition, vol. II, page 97.)

posent que l'agrégation globulaire de ces parties terreuses est due à des gouttes de pluie qui, en tombant sur les cendres pulvérulentes, les ont agglutinées.

Sans doute un effet semblable peut être produit par des gouttes de pluie, mais il ne serait que momentané, et les globules formés par cette cause tomberaient bientôt en poussière par la dessiccation, tandis que les noyaux arrondis, qui distinguent l'assise qui nous occupe, jouissent d'une certaine solidité. Ils doivent s'être formés dans une eau chargée d'un certain suc qui a permis aux parties terreuses de s'agglutiner sous cette forme; l'épaisseur de cette quatrième assise est environ d'un pied et demi.

5° Une terre noire, mélangée de détritus végétaux, recouvre presque partout cette dernière assise; il paraît qu'il existe au-dessus une petite couche de cendres produites par l'éruption de 1822; elle contient des cristaux complets d'augite. M. Lyell évalue son épaisseur à 2 ou 3 pouces. Tout le terrain que j'ai parcouru étant cultivé, je n'ai pu observer cette dernière couche.

Nature du tuf qui recouvre Herculanum.

La masse qui recouvre Herculanum est beaucoup plus considérable que celle de Pompeï; son épaisseur atteint, dans quelques parties, jusqu'à 112 pieds. Pendant longtemps les travaux de déblaiement ont été exécutés par excavations sou-

terraines; mais, depuis quelques années, on a reconnu une partie de la ville recouverte seulement par 30 ou 40 pieds de tuf, et on y exécute les travaux à ciel ouvert comme à Pompeï. Les différentes tranchées qui entourent la partie actuellement reconnue, montrent que cette épaisseur considérable de matière meuble a été apportée à plusieurs époques. Cette masse présente en outre une stratification très-reconnaissable par la différence dans la grosseur des parties. Je n'ai pas vu à Herculanum, une assise composée uniquement de fragments de ponces, comme je l'ai indiqué à Pompeï; mais toute la masse est formée de débris ponceux. Les fragments, assez gros pour être discernables, possèdent la texture fibreuse des ponces, et cette disposition se retrouve dans les parties pulvérulentes lorsqu'on les observe au microscope. Ce tuf est donc en tout semblable à celui de Pompeï, seulement il est plus compacte, ce qui tient sans doute à sa grande épaisseur.

Ces matières terreuses ne présentent aucune analogie avec les substances pulvérulentes que le Vésuve rejette dans certaines éruptions, et que l'on désigne sous le nom de cendres. Les cendres de 1822, par exemple, sont, ainsi que j'ai eu occasion de le faire remarquer, à l'état de grains brillants, à la fois cristallins et vitreux; ils constituent plutôt une couche sablonneuse que terreuse. Ces

grains, en outre, n'ont point la texture fibreuse de la ponce. Si l'on compare en outre ces matières terreuses avec les autres produits du Vésuve, on remarque qu'il existe également entre ces substances des différences telles, que les masses qui recouvrent Herculanum et Pompeï paraissent étrangères au volcan. Ces masses présentent, au contraire, une identité complète avec le tuf qui forme le contre-fort du Vésuve, ainsi qu'avec celui qui constitue les collines des Champs-Phlégréens, composés essentiellement de débris ponceux. Cette identité a été reconnue par M. Lyell (1), seulement il en tire la conséquence que

(1) On doit trouver la plus grande analogie entre les couches de matière qui recouvrent Herculanum et Pompeï, et celles qui composent les plus petits cônes des Champs-Phlégréens, tels que le Monte Nuovo, formé par l'accumulation rapide de matières rejetées, avec cette seule différence que les couches qui recouvrent les deux villes doivent être horizontales, tandis que celles qui forment les cônes sont fortement inclinées, et que les fragments anguleux un peu considérables, que l'on trouve près de la bouche qui a vomi ces matières, doivent manquer à une certaine distance ; les lapillis ayant pu seuls être transportés un peu loin. Avec ces différences, il existe une identité parfaite, soit pour la disposition et la nature, entre les éléments du Monte Nuovo, qui sont mis à nu par la mer et la masse qui recouvre Pompeï. (Lyell, 3e édition, 2e vol., page 95.)

Nous ajouterons que l'identité est d'autant plus com-

les collines des Champs-Phlégréens ont été formées par des déjections de matières pulvérulentes. Les détails dans lesquels je suis entré sur la nature du tuf qui compose ces collines, ainsi que sur sa stratification, ont, je crois, prouvé avec évidence, que c'est à un phénomène entièrement différent qu'elles doivent leur élévation.

La composition chimique de ces tufs confirme d'une manière remarquable la conclusion à laquelle on est conduit par l'examen des caractères extérieurs. En effet, les tufs d'Herculanum et de Pompeï contiennent, comme ceux des Champs-Phlégréens, une forte proportion de potasse, tandis que tous les produits du Vésuve sont à base de soude.

La disposition stratiforme des masses qui recouvrent Herculanum et Pompeï, leur identité de composition avec le tuf ponceux de la Somma, et leur différence avec les produits du Vésuve, sont autant de faits qui confirment l'opinion que j'ai émise sur l'enfouissement de ces deux villes par un éboulement.

Je rappellerai que le cône actuel du Vésuve ne paraît pas avoir existé antérieurement à l'érup-

---

plète qu'il existe, ainsi que je l'ai indiqué, des fragments volumineux de pierres ponces et de roches de la Somma dans l'assise inférieure du tuf de Pompeï.

tion de 79, la plus ancienne dont l'histoire et les traditions nous ont conservé le souvenir; cette éruption se distingue de toutes celles qui se sont succédé depuis, par le développement inaccoutumé des phénomènes volcaniques, ainsi que par leur nature même, aucune lave ne paraissant s'être écoulée à cette époque. Il est dès lors probable que cette éruption est due principalement au dégagement d'une immense quantité de gaz qui, s'échappant sous une très-forte pression, ont commencé par soulever la surface, et ont donné naissance, du moins en grande partie, au cône du Vésuve. Ce même phénomène a pu produire l'éboulement sous lequel ont disparu deux des villes les plus populeuses et les plus civilisées de la Campanie.

Résumé.

Les faits que j'ai exposés dans ce mémoire, quoique se rapportant seulement aux terrains volcaniques des environs de Naples, embrassent cependant des phénomènes d'un ordre très-différent. Je vais les réunir en quelques lignes, afin qu'on puisse en saisir l'ensemble avec plus de facilité.

Je suivrai, dans ce résumé, l'ordre adopté dans ce mémoire.

Époques différentes des phénomènes volcaniques.

1° Les phénomènes ignés se sont reproduits

dans les environs de Naples, à trois périodes fort éloignées les unes des autres, avec une intensité et des caractères très-différents.

La première période, dont l'époque géologique est inconnue (1), est marquée par l'épanchement des trachytes qui ont fourni les éléments du tuf ponceux, des laves de la Somma en nappes horizontales, ainsi que des roches amphigéniques des environs de Rome.

La sortie des trachytes des Champs-Phlégréens et d'Ischia a eu lieu dans la seconde période.

La troisième comprend les éruptions laviques d'Ischia, du Vésuve et du Monte Nuovo.

Du tuf ponceux.

2° Le sol de la campagne de Naples et des îles qui en dépendent, abstraction faite des montagnes volcaniques, est formé d'un tuf composé pres-

(1) La sortie de ces trachytes pourrait correspondre à l'époque où les mêmes roches se sont produites dans la France centrale : on sait en effet que, dans le tuf à ossements de Perriers et de Boulade, on retrouve les mêmes espèces d'animaux que dans les terrains subappenins, et par conséquent que dans le tuf des environs de Naples. On doit donc regarder les dépôts à ossements de Boulade, comme correspondant aux terrains tertiaires les plus modernes ; mais en outre on y trouve des fragments de trachytes et de ponces, ce qui atteste qu'une partie au moins des trachytes de l'Auvergne et du Vivarais est venue au jour avant le dépôt des terrains subappenins.

que uniquement de fragments de ponces de grosseurs différentes provenant de la destruction du trachyte de la première période. Dans quelques circonstances ces fragments sont assez gros pour fournir des pierres ponces; mais le plus fréquemment ils ont été tellement triturés, que la masse du tuf est argileuse et paraît assez homogène. Les caractères du tuf, partout les mêmes, attestent que son origine est due constamment à la même cause.

3° Le tuf ponceux est disposé en couches minces, régulières, même lorsqu'elles sont contournées (cap Misène, île de Procida, etc.); il contient des coquilles fossiles (mont Epoméo, le Pausilippe, la Somma, etc.), ainsi que des ossements de grands animaux (environs de Rome, côte de Sorrente, Amalfi). Cette double circonstance montre avec la dernière évidence que ce tuf, malgré la hauteur à laquelle on l'observe au mont Epoméo et à la Somma, s'est déposé sous une certaine profondeur d'eau, de la même manière que tous les terrains de sédiment.

4° La direction générale des accidents que présente la stratification du tuf, ainsi que l'alignement des différentes collines qu'il compose (E. 20 N.-O. 20° S.), correspond au soulèvement de la chaîne principale des Alpes, et peut faire supposer

que le tuf ponceux est contemporain ou peu postérieur aux terrains subappenins. Mais plusieurs autres circonstances conduisent à admettre que cette formation est encore plus moderne, et la rapprochent d'un grand nombre de dépôts coquilliers répandus sur les côtes de l'Océan et de la Méditerranée, dépôts qui ont été désignés sous le nom de quaternaires en Sardaigne et à Majorque.

5° La plupart des minéraux que l'on recueille sur les pentes du Vésuve, et que l'on suppose généralement avoir été rejetés par ce volcan, appartiennent au tuf ponceux; ces minéraux sont disséminés dans les cavités de blocs de calcaire saccarroïde, ou de roches micacées d'apparence primitive qui forment de véritables galets au milieu de ce terrain. La surface de quelques-uns de ces blocs est couverte de serpules; circonstance qui atteste qu'ils ont séjourné un certain temps dans la mer avant de faire partie du tuf ponceux. Du reste, ces blocs ne se trouvent pas exclusivement au Vésuve; nous en avons recueilli dans le tuf du Pausilippe, et il paraît en exister également dans le tuf des îles Ponces (1).

---

(1) L'école des mines possède un bloc de cette nature, donné par M. Dolomieu, comme recueilli aux îles Ponces.

6° Les collines des Champs-Phlégréens sont composées de couches de tuf ponceux ; mais au centre de quelques-unes (Camaldoli, Astroni, la Solfatar) il existe des mamelons de trachyte, autour desquels les couches de tuf sont ordonnées. D'après la position relative du tuf ponceux et du trachyte dans ces collines, il paraît certain que cette dernière roche est plus moderne que la première, et que le relief des Champs-Phlégréens est dû à son arrivée au jour.

7° Le mont Epoméo, dans l'île d'Ischia, doit également son élévation au trachyte de la seconde période.

Du Vésuve.

8° Le groupe du Vésuve se compose de deux massifs distincts, la Somma et le Vésuve. Ces deux parties ont été produites par des causes d'un ordre différent. La Somma forme, autour du Vésuve, une ceinture d'escarpements abruptes, dont les nappes se relèvent de tous côtés vers le centre ; elle est le résultat d'un soulèvement général qui a élevé circulairement ses nappes d'abord horizontales.

Le Vésuve est le produit d'éruptions et de soulèvements partiels. La position du cône du Vésuve, au centre du cratère de soulèvement de la Somma,

pourrait faire présumer qu'il existe une connexion intime entre ces deux montagnes ; mais elles appartiennent à des périodes séparées l'une de l'autre par plusieurs grands phénomènes qui se sont succédé dans l'ordre suivant :

a. Epanchement des laves de la Somma en nappes horizontales ;

b. Dépôt sous-marin des couches du tuf ponceux également en couches horizontales ;

c. Soulèvement de la Somma à l'époque de la formation des Champs-Phlégréens ;

d. Formation du cône du Vésuve dans l'année 79.

9° La différence qui existe entre la nature et l'état cristallin des roches de la Somma et du Vésuve, confirme les conclusions qui résultent de l'étude de leur position relative. Les nappes de la Somma sont composées principalement d'amphigène et de pyroxène noir (augite), tandis que celles du Vésuve le sont presque exclusivement d'une substance hyaline blanche contenant beaucoup de soude et de pyroxène vert (diopside).

10° Les laves du Vésuve forment toujours des coulées étroites et peu épaisses, dont la texture est en rapport avec la pente du sol sur lequel elles se solidifient. Elles sont bulleuses et scoriacées lorsqu'elles se refroidissent sur une surface pré-

sentant un angle supérieur à deux degrés, et elles conservent alors constamment les traces du mouvement; elles sont au contraire cristallines et compactes lorsque, s'étant accumulées avec une certaine épaisseur sur un terrain presque horizontal, elles se sont refroidies lentement.

Mouvement oscillatoire du sol de la Campanie.

11° Le sol des environs de Naples a éprouvé des abaissements et des élévations successifs; le temple de Sérapis est un exemple célèbre de ces oscillations. La côte de Pouzzols fournit aussi de nombreuses preuves de ces mouvements oscillatoires; on y voit, sur une grande partie de sa longueur, des constructions romaines recouvertes d'une falaise de 20 à 22 pieds de couches de sédiment.

Ensevelissement de Pompeï et d'Herculanum.

12° La destruction de ces deux villes ne paraît pas due exclusivement à une pluie de cendres; la masse terreuse qui les recouvre est composée en grande partie des mêmes éléments que le tuf ponceux qui forme les pentes de la Somma : on trouve dans ces masses terreuses, outre les pierres ponces, les mêmes blocs de roches d'apparence primitive, qui contiennent les minéraux, dits du Vésuve. Il est donc probable que l'éruption de 79, qui a rejeté une prodigieuse quantité de cendres, a en outre produit l'éboulement d'une partie des

contreforts de la Somma, et qu'il en est résulté des alluvions considérables, sous lesquelles les deux villes d'Herculanum et de Pompeï ont été ensevelies.

L'érection du Vésuve date très-probablement de cette époque; aucune tradition et aucun monument historique, antérieurs à cette célèbre catastrophe, n'en rappelant le souvenir

---

PARALLÈLE

Entre les différents produits volcaniques des environs de Naples, et rapport entre leur composition et les phénomènes qui les ont produits.

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines.

Dans le mémoire précédent, j'ai montré que les deux montagnes dont se compose le groupe du Vésuve devaient leur relief actuel à des phénomènes d'un ordre différent.

Les laves qui forment les escarpements de la Somma sont cristallisées et disposées en nappes inclinées régulièrement vers les pentes de la montagne. Elles portent en outre tous les caractères de roches qui ont été épanchées sur un sol horizontal et ont été relevées postérieurement. Les laves qui s'écoulent sur le cône du Vésuve sont constamment bulleuses, scoriacées, et ne forment que des lannières étroites. Ces différences dans la disposition des coulées et dans la texture des laves ne sont pas les seules qui séparent complétement le Vésuve et la Somma. La nature des roches et même des minéraux confirme la

distinction qui a été établie entre ces deux montagnes volcaniques.

Quelques essais m'avaient permis d'annoncer cette différence; elle se trouve confirmée par l'examen chimique que j'ai fait de plusieurs produits du Vésuve. Examen qui forme le sujet de ce mémoire.

L'analyse chimique nous apprend également que le tuf ponçeux ne saurait être considéré ni comme un produit de la Somma, ni comme une déjection du Vésuve, de sorte que l'étude de la composition de ces roches apporte une raison de plus pour distinguer trois ordres de volcans dans les environs de Naples.

Cette concordance de la chimie et de la géologie est remarquable; elle me fait penser qu'il y aurait un véritable intérêt à examiner ainsi chimiquement un grand nombre de roches ignées, telles que les trapps, qui ne présentent pas de caractères minéralogiques assez tranchés pour qu'on puisse les classer d'une manière certaine, par le seul examen de leurs propriétés physiques.

Pour avoir une idée générale de la composition des roches du Vésuve, j'ai examiné des produits pris dans des conditions diverses, et qui représentent par leur ensemble les différentes transformations que subit la masse fondue qui s'écoule à chaque éruption.

1° Des laves qui constituent les bords du Palo, c'est-à-dire l'opercule du Vésuve; ces roches se sont refroidies dans des conditions qui ont favorisé la cristallisation;

2° Des laves prises sur les pentes du cône, elles sont bulleuses et scoriacées;

3° Des laves qui se sont accumulées en nappes horizontales au pied du volcan;

4° Enfin des cendres recueillies à Naples lors de l'éruption de 1822.

Les laves de la Somma ne diffèrent entre elles que par la grosseur des grains, on n'a donc pu varier l'analyse comme pour les produits du Vésuve; mais on a examiné comme comparaison les pyroxènes de la Somma et ceux des laves de l'Anunciata et du Palo.

Les laves du Vésuve, lorsqu'elles ont été réduites en poudres impalpables, sont solubles en partie (plus de moitié) dans les acides. Cette circonstance permet de fractionner leur analyse en deux parties. Je les ai donc soumises après avoir été porphyrisées à l'action de l'acide muriatique concentré et bouillant pendant trois à quatre heures. Le résidu a été repris par la potasse caustique, afin de séparer la silice gélatineuse. J'ai cherché successivement dans la liqueur muriatique la silice, le fer, l'alumine, la chaux, la magnésie et les alcalis.

Relativement aux alcalis, j'ai pressé les chlorures ensemble, puis j'ai dosé séparément le chlorure platinico-potassique et le chlorure sodique. Une petite quantité de magnésie étant restée avec la soude, j'ai cru au premier moment que ces laves pouvaient contenir de la lithine, ce qui m'a engagé à rechercher cet alcali; mais je me suis assuré d'une manière positive qu'il n'en existait pas.

Pour faire l'analyse de la partie inattaquable par les acides, je l'ai transformée en verre plombeux, en la fondant avec un mélange de litharge et de nitrate de plomb. J'ai versé le verre de plomb dans l'eau, et après l'avoir recueilli je l'ai pesé et porphyrisé, en tenant compte de la perte qui résulte de cette opération. Le verre de plomb porphyrisé se dissout en quelques minutes dans l'acide nitrique faible; au moyen de cette précaution l'analyse de la partie inattaquable n'est guère plus longue que celle de la partie soluble.

La dissolution du verre plombeux étant complète, je l'ai évaporée à siccité pour obtenir la silice. Puis j'ai séparé successivement le plomb, le fer et l'alumine et la chaux. J'ai alors transformé les sulfates en acétates par le moyen de l'acétate de baryte. L'évaporation à siccité, puis la calcination, ont donné des carbonates alcalins, mélangés de carbonate de magnésie et de baryte.

Les carbonates alcalins ont été séparés puis transformés en chlorures, de manière à pouvoir isoler la potasse de la soude.

Lave du Palo. Cette lave forme l'arête saillante du cratère : elle constitue une assise assez régulière qui plonge vers l'extérieur du cône. Il est probable qu'elle est le résultat du relèvement de la partie de la coulée qui se solidifie au sommet du cratère, et en forme pour ainsi dire l'opercule, la lave du Palo s'est par conséquent répandue sur une surface horizontale et s'est refroidie lentement. C'est à cette circonstance qu'elle doit sa texture cristalline analogue à celle du basalte; elle se compose d'une pâte grise, dans laquelle on observe quelques lamelles brillantes analogues au labrador, et de cristaux peu nombreux de pyroxène vert clair lamelleux. Les blocs rejetés par le volcan au commencement de chaque éruption, et que l'on voit répandus à la fois, sur les pentes du cône, dans l'Atrio del Cavallo, et même sur la surface de la Somma, sont complétement identiques avec la lave du Palo. On reconnaît à la seule inspection que ces blocs ont la même origine que cette lave; ce sont des fragments arrachés, soit à l'opercule, soit aux filons qui doivent exister dans la partie supérieure du cône, qui ont été lancés par le dégagement gazeux qui précède chaque éruption.

L'analyse de cette lave a été faite sur 5gr.,677. On a obtenu, par l'attaque avec l'acide muriatique, un résidu pesant 1gr.,569 : les 4,108 dissous ont donné :

		en 100e
Silice.	2,182	53,10
Alumine.	0,682	16,58
Protoxide de fer.	0,410	9,96
Chaux.	0,138	3,34
Magnésie. . . .	0,048	1,16
Soude.	0,388	9,46
Potasse.	0,092	2,23
Perte.	0,168	4,17
	4,108	100,00

La partie insoluble est composée de :

Silice.	0,807	51,40
Alumine.	0,160	10,20
Protoxide de fer.	0,105	6,75
Chaux.	0,239	15,22
Magnésie. . . .	0,033	2,10
Soude.	0,101	6,45
Potasse.	0,091	5,80
Perte.	0,033	2,08
	1,569	100,00

Lave de 1834. Les échantillons qu'on a soumis à l'analyse ont été pris immédiatement au-dessous du Piano, dans une partie où la coulée est inclinée d'environ 15° ; la lave est d'un gris foncé ; elle est caverneuse, scoriacée, et ne présente que

quelques petits cristaux de pyroxène vert, et des grains très-rares d'une substance blanche hyaline imparfaitement cristallisés. Ces grains ont été constamment pris pour de l'amphygène ; mais ils ne possèdent pas la forme trapézoïdale propre à ce minéral.

On a soumis 5 gr. 788 à l'action de l'acide muriatique bouillant pendant environ 3 heures. Cette opération a donné un résidu insoluble de 1 gr. 260 et a divisé par conséquent la lave en deux parties dans la proportion environ de 4 : 1 que l'on a trouvé composé de la manière suivante :

	Partie soluble en 100e		Partie insoluble.	
Silice.	2,288	50,55	0,683	54,20
Alumine. . . .	0,919	20,30	0,444	11,45
Fer..	0,390	8,60	0,066	5,25
Chaux.	0,236	5,20	0,136	10,75
Magnésie. . . .	0,054	1,21	0,030	2,40
Soude.	0,381	8,42	0,083	6,55
Potasse.	0,114	2,52	0,092	7,29
Perte. . . . . :	0,146	3,20	0,026	2,11
	4,528	100,00	1,260	100,00

Lave du Granatello et de la Scala. On a ouvert sur le bord de la mer, et au pied du Vésuve, un grand nombre de carrières qui fournissent des pierres de taille employées à Naples et à Portici. Les carrières du Granatello et de la Scala sont les plus importantes ; la lave s'y est accumulée horizontalement sur une épaisseur de 9 à 10 mètres.

Elle est sur cette épaisseur, séparée en plusieurs assises par des fissures horizontales qui donnent à la masse une apparence de stratification, et l'on serait porté à les considérer comme appartenant à différentes coulées sans leur juxta-position immédiate. La lave complétement cristalline dans le milieu de la couche, est bulleuse et scoriacée dans les parties externes; dans toutes ces carrières la lave est d'une grande identité, et il serait impossible de distinguer les échantillons du Granatello, de ceux de la Scala; ces laves sont formées d'une pâte d'un gris clair, composée presqu'exclusivement de points brillants et cristallins qui constituent, comme on le dira plus bas, deux minéraux distincts, l'un soluble dans les acides, et contenant une forte proportion de soude, l'autre inattaquable par les acides et renfermant à peu près parties égales de potasse et de soude. On distingue en outre dans cette pâte des grains hyalins jaunes analogues à du péridot et des petits cristaux de pyroxène vert clair très-lamelleux. Les fissures horizontales que j'ai signalées sont tapissées de petits cristaux très-brillants.

Les cavités assez nombreuses que présentent les laves forment également autant de géodes de ces cristaux. Quand on soumet à l'analyse, la masse de la lave, ou seulement les parties extérieures, celles tapissées de cristaux, on observe une diffé-

rence très-remarquable, qui consiste en ce que le minéral soluble dans les acides forme les deux tiers et même les trois quarts de la masse, tandis que dans les parties extérieures et cristallines, c'est le minéral inattaquable qui domine; il s'est donc fait un partage par le refroissement, et les petits cristaux que j'ai signalés sont complétement insolubles, ce qui nous permet d'étudier le second minéral dont se composent les laves du Vésuve. Par une disposition contraire, la lave bulleuse qui forme les parties externes des coulées, sont presqu'entièrement solubles dans les acides et donnent presqu'exclusivement le minéral sodifère qui est le second élément des laves du Vésuve.

La lave du Granatello dont je donne la composition provient de la collection de M. Brongniart, qui a eu la complaisance de me permettre d'en prendre des fragments; je l'ai choisie de préférence à des échantillons que j'avais recueillis, parce que les cristaux qui tapissent les cavités sont assez nets pour que j'aie pu en prendre les angles au goniomètre à réflexion.

J'ai fait l'analyse sur 6,405 : 3,284 ont été dissous par l'acide muriatique concentré, et il est resté un résidu de 3gr.,021. La forte proportion du résidu tient, ainsi que je l'ai annoncé, à ce que j'ai pris des parties de la lave approchant les fissures.

	Partie soluble en 100e.		Partie insoluble.	
Silice.	1,612	49,10	1,552	51,40
Alumine.	0,732	22,28	0,308	10,20
Protoxide de fer.	0,240	7,32	0,204	6,75
Chaux.	0,127	3,88	0,490	16,22
Magnésie.	0,086	2,92	0,063	2,10
Soude.	0,294	9,04	0,195	6,45
Potasse.	0,101	3,06	0,175	5,80
Perte.	0,092	2,40	0,034	1,08
	3,284	100,00	3,021	100,00

L'analyse de la lave de la Scala a été faite sur un échantillon provenant du milieu de la masse; on a eu soin d'enlever quelques cristaux de pyroxène qui étaient empâtés dans la lave et en détruisant l'homogénéité : 4 gr.,596 ont été soumis à l'action de l'acide muriatique concentré ; ils ont laissé un résidu pesant 0,944, c'est-à-dire seulement un cinquième. On n'a pas analysé ce résidu.

La composition de la partie dissoute est :

		en 100e.
Silice.	1,862	50,98
Alumine. . . .	0,805	22,04
Protox. de fer.	0,306	8,39
Chaux.	0,217	5,94
Magnésie. . . .	0,045	1,23
Soude.	0,297	8,12
Potasse.	0,129	3,54
	3,661	100,00
Augmentation. . . .	0,009	0,24

Cendres. Pour compléter le travail sur les produits du Vésuve, M. Brongniart m'a remis des

cendres provenant d'une éruption, qui a eu lieu en 1822 : ces cendres ont été recueillies sur une terrasse à Naples, c'est-à-dire à peu près à deux lieues du volcan ; elles sont très-fines et un peu âpres au toucher. Sous le microscope on reconnaît que cette poussière est composée d'éléments cristallins, mais on n'y voit pas de cristaux. Quelques grains présentent seulement des cassures droites très-vives qui ont des angles assez constants et qui par suite paraissent appartenir à des clivages qui se rapporteraient à un prisme à base oblique. Le partage que l'analyse chimique opère dans ces cendres comme dans les laves ne s'observe pas sous le microscope. Elles sont composées presqu'exclusivement de fragments anguleux hyalins, présentant beaucoup de bulles dans l'intérieur, identiques sous ce rapport avec les fragments que j'ai supposés appartenir au Ryacolite dans les cendres de la Guadeloupe. On y remarque cependant quelques fragments blancs laiteux de forme indéterminée et quelques-uns d'un rouge hyacinthe. Ils sont l'un et l'autre très-peu abondants. Les derniers surtout sont rares. Ces cendres contiennent de 2,50 à 3 pour cent d'eau hygrométrique.

5,452 calcinés ont donné après l'attaque par l'acide muriatique et la reprise par la potasse caustique 1g.,645 de résidu. L'analyse a donc

été partagée en deux comme pour les laves; le rapport entre le minéral soluble et celui qui ne l'est pas est pour les cendres de 3 : 1. Un peu moindre que pour les laves.

La composition des ces deux parties est :

	Partie soluble en 100e.		Partie insoluble.	
Silice.	1,970	51,75	0,875	53,20
Alumine.	0,743	19,62	0,208	12,63
Protox. de fer.	0,246	6,46	0,059	3,63
Chaux.	0,176	4,62	0,203	12,36
Magnésie. . . .	0,066	1,75	0,036	2,20
Soude.	0,389	10,25	0,117	7,15
Potasse.	0,103	2,70	0,110	6,72
Perte.	0,114	2,85	0,037	2,11
	3,807	100,00	1,645	100,00

Laves de la Somma. Les différentes nappes qui forment les escarpements de la Somma sont presqu'identiques. Ces laves ne diffèrent entre elles que par la grosseur des cristaux et l'adhérence de la roche : il était donc inutile de répéter un grand nombre d'analyses de ces laves, cependant j'en ai fait trois pour avoir une idée plus exacte de leur composition, et le résultat que je transcris ci-dessous est une moyenne de ces trois opérations. Les laves de la Somma sont formées de cristaux distincts d'amphigène et de pyroxène reliés par une pâte grisâtre qui est elle-même cristalline; lorsqu'on observe cette pâte sous un fort grossissement, on reconnaît qu'elle est composée également de petits cristaux d'amphigène

et de cristaux de pyroxène, mais ces derniers sont moins nombreux dans la pâte, qu'ils ne le sont dans la lave.

La composition de l'amphigène étant connue, j'ai séparé tous les cristaux de cette substance, ainsi que ceux du pyroxène, de manière à analyser seulement la pâte qui les relie.

Les laves de la Somma sont presque entièrement insolubles dans les acides, cependant l'action prolongée de l'acide muriatique en dissout 4 à 5 pour cent. Cette partie dissoute pourrait appartenir à des cristaux de Labrador qui seraient disséminés dans la pâte et dont on présume l'existence par le miroitement de quelques lamelles opaliens. Deux analyses ont été faites par le plomb, ainsi que je l'ai indiqué au commencement de ce mémoire, une troisième par l'acide fluorique.

La composition moyenne de ces laves résultant de ces analyses est:

Silice.	48,02
Alumine.	17,50
Chaux.	0,24
Magnésie.	9,84
Protoxide de fer.	7,70
Potasse.	12,74
Soude.	2,40
Perte.	1,56
	100,00

Tuf ponceux. Ce tuf constitue le sol de la campagne de Naples, les collines des champs

phlégréens, celles d'Ischia, et il s'élève à une hauteur considérable sur les pentes de la Somma. D'après les observations que j'ai faites de concert avec M. Élie de Baumont, il résulte que les villes d'Herculanum et de Pompeï sont enfouies sous ce même tuf ponceux qui se serait éboulé des contreforts du Vésuve lors de l'éruption de 79.

Désirant éclairer cette question par l'analyse, j'ai prié M. Berthier d'analyser concurremment le tuf du Pausilippe et celui de Pompeï; il a eu cette complaisance et il a publié ce travail dans les Annales des mines (1).

Les résultats qu'il a obtenus étant d'accord avec les phénomènes géologiques, j'ai cru utile d'analyser le tuf d'Ischia qui appartient, ainsi que je viens de le dire, à la même formation. Je trancris en regard ces trois analyses.

	Tuf de Pausilippe.	Tuf de Pompei.	Du pied de l'Epomeo (Ischia).
Silice.	44,50	26,50	40,40
Alumine..	12	10	11,56
Magnésie.	0,70	» »	1,30
Potasse.	5,50	2,10	6,75
Soude.	1,50	2,30	1,88
Protoxide de fer. . .	6,50	10	7,50
Fer oxidulé.	»	»	une trace.
Eau.	11	8,80	10,20
Partie inattaquable.	16,40	26,50	18,15
Carbonate de chaux.	»	9	»
	98,10	95,20	97,74

(1) *Annales des mines*, 3e série, tom. II, pag. 464.

Ces différents tufs présentent les mêmes caractères, ils sont terreux, tachent même les doigts. A la loupe on reconnaît dans chacun d'eux des parties fibreuses dont l'éclat est soyeux et qui portent tous les caractères de la ponce. Ils sont mélangés de paillettes de mica. Le tuf de Pompeï en contient une proportion beaucoup plus forte, ce qui explique en partie l'augmentation du résidu insoluble. Ce dernier est imprégné de matière calcaire. Ils contiennent presque tous une certaine quantité de fer oxidulé; ce minéral est plus abondant dans le tuf d'Ischia que dans les deux autres.

L'acide muriatique attaque facilement les tufs, avec formation de gelée. L'acide sulfurique concentré les attaque même à froid; M. Berthier annonce que « lorsque l'on concentre la dissolution » du tuf de Pausilippe à chaud, il s'en sépare par » le refroidissement de l'alun potassé parfaite- » ment pur dans la proportion de 0,50; si l'on » ajoutait une suffisante quantité de potasse ou de » sulfate de potasse à l'eau mère, il s'en séparerait encore autant d'alun. »

» D'après cela, ajoute-t-il, tout porte à croire » qu'il y aurait avantage à exploiter ce tuf » comme minerai d'alun, d'autant plus que le » soufre est à vil prix dans la contrée, et que, par » conséquent, on pourrait y fabriquer de l'acide » sulfurique à très-peu de frais. »

Le tuf d'Ischia présente également cette cir-

constance, et parmi les échantillons que j'ai rapportés, quelques-uns sont même recouverts d'efflorescences salines qui contiennent de l'alun et du sous-sulfate d'alumine et de fer. L'acide sulfurique est peut-être fourni par des pyrites intimement mélangées, peut-être aussi est-il inhérent au tuf, qui contient dans la montée à l'Epoméo, des couches entièrement analogues à la pierre d'alun de la Tolfa.

Pyroxènes de la Somma et du Vésuve.

Les caractères extérieurs de ces deux pyroxènes sont différents, ce qui m'a fait penser qu'il serait intéressant de compléter la comparaison entre les laves du Vésuve et de la Somma, par l'analyse des pyroxènes qui existent dans ces roches.

Les pyroxènes de la Somma sont d'un vert très-foncé, presque noirs et lamelleux dans le sens de la forme primitive. Ils ressemblent parfaitement à l'augite, ils sont en général bien cristallisés et on peut facilement les détacher de la masse, de sorte que leur analyse est plus exacte; les pyroxènes disséminés dans les laves du Vésuve sont d'un vert clair brillant, très-lamelleux dans le sens des plans diagonaux et se rapprochent par leurs caractères de la variété désignée sous le nom de sahlite. Ces cristaux sont en général tellement adhérents à la roche qu'il est difficile de les en sé-

parer. Dans la lave de l'Annunciata, cette adhérence est moins forte, surtout pour les parties externes de cette coulée; et j'ai pu en détacher une quantité suffisante, pour en faire une analyse approximative; ces pyroxènes existent en général avec quelque abondance dans les laves cristallisées, soit celles exploitées dans les carrières situées au pied du Vésuve, soit dans la lave du Palo; les scories et les laves qui recouvrent les pentes du Vésuve n'en contiennent que fort peu.

L'analyse du pyroxène de la Somma a été faite sur 4,264. Celle du pyroxène de l'Annunciata seulement sur 1gr.,753.

Leur composition est:

	Pyroxène de la Somma.	Du Vésuve (1).
Silice.	50,27	51,44
Chaux.	12,20	21,47
Fer.	20,66	6,21
Magnésie.	10,45	12,21
Alumine.	3,67	4,87
Perte.	2,75	3,80
	100,00	100,00

La composition de ces pyroxènes correspond à leurs caractères extérieurs; celui de la Somma présente des proportions analogues aux propor-

(1) Depuis la rédaction de ce mémoire, j'ai trouvé dans les extraits d'analyses de substances minérales, insérés chaque année dans les Annales des mines, une analyse de pyroxène du Vésuve, par M. Küdernatsch, qui se rapproche

tions ordinaires de l'augite, tandis que le pyroxène du Vésuve, par la forte proportion de chaux qu'il contient et sa pauvreté en fer, rentre dans les variétés désignées sous le nom de sahlite et de diopside; du reste les pyroxènes de la Somma et du Vésuve contiennent l'un et l'autre de l'alumine, substance que l'on trouve trop habituellement dans les pyroxènes volcaniques pour qu'elle ne doive pas y jouer un rôle.

Si on compare les analyses qui font le sujet de ce mémoire, on remarque bientôt qu'il existe des différences essentielles entre les laves de la Somma et celles du Vésuve, différences telles qu'il est impossible de supposer que les laves du Vésuve qui sont plus modernes ont été produites aux dépens de celles de la Somma qui préexistaient; il en résulte que les foyers qui les ont élaborées ne sauraient avoir été identiquement les mêmes.

En effet, les laves de la Somma sont presque inattaquables par les acides, tandis que celles du

---

beaucoup de celle qui précède. Je crois utile de la copier pour compléter la comparaison que j'établis.

Silice.	0,5090
Alumine.. . .	0,0537
Chaux.	0,2296
Fer.	0,0625
Magnésie. . .	0,1443
	0,9991

(*Ann. des Mines*, 3e série, t. XI, p. 473.)

Vésuve sont solubles en grande partie dans ces réactifs, environ dans la proportion de 4 : 1.

Les premières contiennent une très-forte proportion de potasse, tandis que dans la seconde, la soude domine fortement.

La différence de composition se reproduit même dans les minéraux communs aux deux roches; l'on a vu que le pyroxène de la Somma est un augite, c'est-à-dire un pyroxène à base de fer, tandis que celui du Vésuve rentre dans les variétés calcaires, telles que la sahlite.

Le partage que l'action des acides produit dans les laves du Vésuve permet de reconnaître qu'elles se composent outre des cristaux de pyroxène, de deux minéraux essentiellement différents : l'un soluble dans les acides, contient de 9 à 10 pour cent de soude et 2,5 à 3 pour cent de potasse.

Le second inattaquable par les acides renferme ces alcalis en proportions à peu près égales de 6 à 7 pour cent de chaque. Les autres éléments qui entrent dans ces deux minéraux, quoique les mêmes, sont également dans des proportions trop éloignées pour que l'on n'en tire pas la même conclusion. Ainsi le premier contient 20 pour cent d'alumine et 5 de chaux, tandis que dans le second ces deux substances entrent dans les proportions de 11 à 12. Enfin le second est un peu plus saturé de silice que le premier, il en contient 54 au

lieu de 50 ; dans l'un et l'autre la proportion de cette substance est beaucoup plus faible que dans le feldspath ou dans l'albite, qui en contiennent 64 pour cent pour le feldspath et 67 pour l'albite. Cette faible proportion de silice explique l'absence du quartz dans les laves du Vésuve et de l'Etna et on peut dire, en général, dans les roches volcaniques ; elle confirme ce que j'ai annoncé dans mon mémoire sur les cendres de la Guadeloupe, que si le feldspath ou l'albite existent quelque part dans les produits volcaniques, ces substances n'y jouent qu'un bien faible rôle.

Les proportions des éléments dont se composent les deux minéraux qui constituent les laves du Vésuve sont assez constantes pour qu'on puisse affirmer leur existence ; mais ces proportions ne sont pas assez identiques pour rechercher les formules qui représentent leur composition et par conséquent on ne peut désigner ces substances par un nom particulier. Il se pourrait même que chacune des parties dans lesquelles l'acide muriatique partage les laves, contînt plusieurs minéraux, ainsi je crois qu'il existe quelques lamelles de Labrador qui se confondent avec le minéral dominant sodifère ; quant au minéral insoluble dans les acides et dont j'ai signalé des petits cristaux dans les fentes qui divisent les laves de la Scala et du Granatello en assises distinctes, il est

probable qu'en examinant ces laves sur les lieux mêmes, on parviendra à en obtenir des cristaux assez gros pour en faire l'analyse séparément. Les laves du Vésuve ne contiennent pas d'eau, M. Lowe (1) a également annoncé qu'il n'en existait pas dans les laves de l'Etna, tandis que les basaltes en renferment toujours de 3 à 4 pour cent. Cette différence remarquable est peut-être en rapport avec le mode de fluïdité de ces roches. Car les laves se solidifient seulement, au moment où les fumeroles s'éteignent, c'est-à-dire lorsque les dernières parties d'eau tenues en dissolution dans les laves viennent à s'échapper.

L'étendue des nappes basaltiques nous apprend que cette roche a été très-fluide ; l'eau qu'ils contenaient ne s'est peut-être pas dégagée à l'état de fumerolles comme pour les laves ; on pourrait, jusqu'à un certain point, le conclure de la présence des nombreuses zéolithes que l'on trouve répandues dans cette roche, et de l'absence de scories dans beaucoup de terrains volcaniques, notamment dans ceux de l'Allemagne.

La prédominance que j'ai signalée plus haut, de la soude sur la potasse, comme caractéristique des laves du Vésuve n'est pas un fait nouveau ; seulement il est passé inaperçu. M. Berthier a

(1) *Annales de Poggendorf*, t. XXXVIII.

publié, en 1817 (1), une analyse d'une pouzzolane de Naples, de laquelle il résulte que dans cette roche la soude est à la potasse dans le rapport de 41 : 14. Il est également remarquable que cette pouzzolane soit soluble dans les acides, et que le rapport de la silice à l'alumine 44 : 15 est très-rapproché de celui que j'indique comme caractéristique du minéral soluble, c'est-à-dire de 50 à 20.

Quant aux laves de la Somma, elles sont composées en grande partie d'amphigène minéral éminemment potassé. Il est par suite naturel que les laves soient caractérisées par la présence de cet alcali.

Les analyses que j'ai rapportées du tuf ponceux montrent que ces tufs sont peu différents les uns des autres, et qu'on doit les regarder comme ayant une origine commune; cependant ceux de Pompeï contiennent, relativement à la soude, un peu

---

(1)

Silice	0,445
Alumine	0,150
Chaux	0,088
Magnésie	0,047
Potasse	0,014
Soude	0,041
Oxide de fer et de titane	0,120
Eau	0,092
	0,997

Annales des mines, 2e série, t. Ier, p. 334.)

plus de potasse que les tufs du Pausilippe et d'Ischia. Cette circonstance est du reste naturelle, car l'éruption qui a enseveli Herculanum et Pompeï a entraîné des roches de la Somma qui sont essentiellement potassées. Un fait intéressant que présente en outre ce dernier tuf, c'est de contenir jusqu'à 9 pour cent de carbonate de chaux, substance entièrement inconnue dans les volcans et qui est au contraire constamment produite par les infiltrations. La présence du carbonate de chaux confirme l'opinion, que si l'enfouissement d'Herculanum et de Pompeï a été produit par une alluvion du tuf formant les contreforts de la Somma, les eaux ont joué un grand rôle dans le remplissage des édifices de ces deux villes, opération qui doit avoir été lente et successive. L'abondance de l'acide carbonique qui s'échappe constamment des fissures dont le sol volcanique est criblé a peut être donné aux eaux superficielles la propriété de dissoudre la chaux et de la déposer sous forme de carbonate dans le tuf de Pompeï et d'Herculanum.

Les analyses des tufs ponceux nous apprennent, en outre, qu'il existe entre ces tufs et les laves de la Somma et du Vésuve une différence de composition aussi essentielle qu'entre ces roches elles-mêmes.

L'examen chimique des produits volcaniques

des environs de Naples, confirme donc les résultats des observations géologiques et nous montre que la Somma, le tuf ponceux et le Vésuve appartiennent à trois ordres différents de phénomènes volcaniques.

EXAMEN

Chimique et microscopique de quelques cendres volcaniques ;

Par M. DUFRÉNOY, ingénieur en chef des mines.

Les laves présentent des caractères extérieurs souvent tellement analogues, qu'il est difficile de les distinguer. Elles sont toutes grises, bulleuses et formées par la réunion de petits cristaux qui appartiennent principalement à l'ordre des feldspaths. Cependant quand on examine les laves avec attention, on reconnaît qu'elles sont fréquemment composées d'éléments différents, de sorte que leur nature est en réalité assez variable ; cette différence est telle qu'il serait possible que chaque volcan produisît une lave particulière.

La cristallisation confuse des laves, et la difficulté de reconnaître leurs éléments, lors même qu'un refroidissement lent a permis à ces roches de prendre une texture cristalline, sont autant d'obstacles qui ont empêché jusqu'à présent d'en déterminer la nature d'une manière un peu précise.

La texture des laves varie avec l'inclinaison du sol, sur lequel elles se sont solidifiées : cette différence exerce une bien faible influence sur leur

composition, et celles produites par une même éruption sont presque toujours homogènes, de telle sorte que si l'on compare sous le microscope des poussières d'une coulée prise en différentes parties de sa course, on est surpris de l'identité qu'elle présente sur toute sa longueur. Cette identité se reproduit, il est vrai pas aussi complétement, pour des coulées différentes d'un même volcan; il résulte de cette disposition que l'analyse chimique des laves, sans faire connaître d'une manière exacte leur composition, offre toujours de l'intérêt et qu'elle fournit des indications précieuses qui permettent, dans beaucoup de cas, de distinguer les produits de volcans différents. Pour arriver à des résultats probables il faut faire des analyses nombreuses, et sur des laves prises en des points différents; c'est la composition générale qu'il faut étudier, et l'on ne doit pas rechercher dans l'analyse des roches, des résultats atomiques comme dans celle des minéraux purs.

Parmi les produits des volcans, les sables fins qu'ils rejettent et que l'on désigne généralement sous le nom de cendres sont les plus intéressants à examiner. L'isolement de chacune de leurs parties permet de faire subir à ces sables des opérations successives qui offrent l'avantage de fractionner les analyses, et si on les soumet alternativement aux réactions chimiques et à l'examen

microscopique, on parvient souvent à séparer la plupart des éléments qui les composent.

La comparaison de ces poussières naturelles, avec celles que l'on obtient par la trituration des laves, fait voir en outre, que ces déjections, en apparence de nature si différente des autres produits des volcans, sont cependant presque identiques avec eux ; les cendres présentent même un grand avantage qui tient à la manière dont elles se sont probablement formées. Les grains dont elles se composent sont presque toujours des minéraux distincts, tandis que la poussière produite par la trituration des roches est fréquemment composée de grains présentant la réunion de plusieurs minéraux, de sorte que ces grains sont souvent la représentation sur une très-petite échelle de l'échantillon lui-même. L'isolement des minéraux qui composent les cendres, offre le moyen de mettre en jeu les pesanteurs spécifiques. On peut séparer assez facilement par ce procédé certaines substances telles que le pyroxène.

Cette disposition particulière des cendres volcaniques me fait présumer qu'elles sont plutôt le résultat d'une cristallisation confuse, produite sous l'influence d'une vive agitation, comme le salpêtre destiné à la fabrication de la poudre, que le produit de la trituration des laves dans la cheminée des volcans. Leur ensemble n'en re-

présente pas moins la composition générale de la lave.

Cendres rejetées par les volcans de la Guadeloupe. Les volcans de cette île ne sont plus dans un état d'activité complet, mais cependant ils rejettent de temps à autre des cendres en quantité considérable. M. Biot a présenté à l'Académie des sciences, dans sa séance du 3 mai 1837, des cendres rejetées en 1797 et en 1836 (3 décembre), ainsi qu'une poussière provenant d'une alluvion boueuse du même volcan arrivée le 12 février 1837. M. Elie de Beaumont a déjà fait quelques essais sur ces cendres, et moi-même je les ai soumises à un premier examen, dont le résultat a été communiqué à l'Académie des sciences dans sa séance du 15 mai 1837 (1). Ces premiers essais, qui ont consisté dans l'analyse de la partie de ces sables soluble dans les acides, ayant montré qu'il y avait quelque intérêt à connaître leur composition, j'ai repris ce travail et je les ai analysés complétement. Les deux cendres de 1797 et 1836, ainsi que le sable de l'alluvion boueuse de 1837, m'ont offert une grande analogie de composition et de caractères minéralogiques. Ce fait me paraît intéressant à

(1) Compte rendu de l'Académie des sciences, 1er semestre de 1837, page 743.

constater, en ce qu'il confirme l'opinion que les produits des mêmes volcans quelquefois si différents d'aspect sont de même nature, et que les modifications de texture qui les distinguent tiennent le plus ordinairement aux circonstances sous l'influence desquelles ils se sont solidifiés.

Cendres de 1797. Ces cendres sont très-fines, d'un gris-foncé; elles ont un goût astringent prononcé, dû à un mélange de sels.

Examinées au microscope, elles se composent de deux éléments différents; le plus abondant forme des grains anguleux très-hyalins; quelques-uns de ces grains sont irisés et présentent le phénomène des anneaux colorés, disposition qui annonce qu'ils sont très-lamelleux. Du reste, aucun de ces grains ne possède de forme ni de clivages distincts.

Le second élément est blanc laiteux: quoique entièrement cristallin, il n'a offert aucune trace certaine de cristallisation.

Au chalumeau ces cendres sont fusibles en émail blanc, un peu plus facilement que le feldspath orthose.

Desséchées sur un têt de porcelaine, elles perdent de 8 à 9 pour cent d'eau hygrométrique.

Le barreau aimanté y indique la présence du fer oxidulé titanifère; 22^{gr},75 de ces cendres

m'en ont donné $0^{gr},0135$ correspondant à 0,58 pour mille.

La saveur astringente indiquant la présence des sels, je les ai recherchés en faisant bouillir les cendres avec de l'eau distillée. J'ai trouvé qu'elles en contenaient 2,42 pour cent, composés à peu près de $\frac{2}{3}$ de sulfate de potasse et d'alumine, et de $\frac{1}{3}$ de sulfate de fer et de chaux. Les essais les plus minutieux n'ont pu y indiquer la présence de chlorures.

L'acide sulfurique et l'acide hydrochlorique concentrés et bouillants, attaquent assez fortement ces cendres. L'examen au microscope du résidu montre que les grains blancs laiteux sont complétement dissous par cette opération. La dissolution dans les acides permet donc non-seulement de fractionner l'analyse en deux parties distinctes, mais elle isole en outre les deux espèces de grains dont se composent les cendres et fournit ainsi le moyen de connaître la nature de chacune d'elles.

Quelques essais préliminaires m'ayant conduit au résultat intéressant que je viens d'indiquer, j'ai fait deux analyses des cendres; l'une sur $4^{gr},205$, l'autre sur $4^{gr},035$. Pour favoriser l'action des acides, les cendres ont été porphirisées avec soin quoiqu'elles fussent déjà à un grand état de ténuité. Je les ai ensuite fait bouillir pen-

dant une demi-heure avec de l'eau distillée qui a dissous les sels. Cette liqueur ayant été décantée, j'ai ajouté de l'acide hydrochlorique concentré sur les cendres, et j'ai fait bouillir ce mélange pendant plusieurs heures. L'attaque étant complète, j'ai filtré les résidus, dont j'ai séparé la silice gélatineuse au moyen de la potasse caustique; j'ai analysé séparément les deux liqueurs contenant les parties solubles des cendres, mais j'ai réuni en une seule opération les résidus inattaqués pesant 2gr,36 et 2gr,275, ainsi que les eaux chargées de sels.

Cette première opération a fractionné les 8,240 de cendres en quatre parties distinctes, de la manière suivante :

	gr.	en 100.
Substance insoluble dans les acides. .	4,635	0,5625
Substance soluble (par différence). .	2,685	0,3258
Sels.	0,200	0,0242
Eau obtenue dans un autre essai. . .	0,720	0,0875
	8,240	1,0000

Les liqueurs muriatiques évaporées à siccité ont donné la silice. L'alumine et le fer, précipités ensemble par l'ammoniaque, ont été isolés par une dissolution de potasse caustique; l'oxalate d'ammoniaque a séparé la chaux. Enfin, on a recherché la magnésie et les alcalis, mais ces liqueurs n'en contenaient pas la plus légère trace.

Ces deux analyses ont donné pour la composi-

tion de la partie des cendres soluble dans les acides :

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.	en 100e.	Oxygène.
	gr.	gr.	gr.		
Silice . . .	0,801	0,761	0,781	0,5819	0,2923
Alumine . .	0,320	0,318	0,319	0,2377	0,1110
Chaux . . .	0,135	0,127	0,131	0.0976	0,0274
Oxide fer. .	0,101	0,093	0,097	0,0722	0,0221
Perte. . . .	0,010	0,017	0,014	0,0106	
	1,367	1,316	1,342	1,0000	

Pour faire l'analyse de la partie insoluble dans les acides, je l'ai mélangée avec cinq parties de carbonate de baryte obtenu artificiellement. Je l'ai ensuite exposée à une chaleur très-forte dans un creuset de platine. La masse agglutinée a été mise en digestion dans de l'acide hydrochlorique étendu de la moitié de son volume d'eau. Une certaine quantité de la substance n'avait pas été attaquée, je l'ai séparée par décantation, puis, je l'ai fait bouillir avec de la potasse caustique pour enlever la silice gélatineuse qui y était mélangée. Ce résidu inattaqué pesait 0gr.,452.

Après avoir obtenu la silice, en évaporant la liqueur muriatique à siccité, j'y ai versé du carbonate d'ammoniaque. Par ce procédé, j'ai séparé de suite les alcalis de la baryte et des autres substances que contiennent ces cendres.

J'ai repris les carbonates par de l'acide sulfu-

rique étendu, la baryte a été transformée en sulfate et a été la seule substance qui n'a point été dissoute; l'alumine le fer; la chaux et la magnésie ont été successivement séparés par les procédés ordinaires.

Pour obtenir les alcalis j'ai évaporé à siccité la liqueur muriatique qui les renfermait : puis j'ai calciné les sels dans une capsule de platine. Les alcalis qui étaient alors à l'état de chlorures pesaient 0,759. J'ai ensuite séparé la potasse et la soude au moyen du chlorure de platine. Cette opération m'a donné :

	gr.		gr.
Chlorure double de potasse et de platine	1,54 ;	d'où potasse	0,298
Chlorure sodique (par différence)	0,288,	— soude	0,154

La composition de la partie des cendres insoluble dans les acides est :

	gr.	en 100e.	Oxygène.	
Silice.	2,598	0,6210	0,3226	—10
Alumine	0,937	0,2241	0,1047	— 3
Chaux	0,036	0,0085	0,0024	
Magnésie.	0,096	0,0231	0,0089	— 1
Potasse.	0,298	0,0712	0,0121	
Soude	0,154	0,0368	0,0094	
Substance inattaquée.	0,452	»		
Perte.	0,064	0,0153		
	4,635	1,0000		

Dans le calcul de cette analyse en centièmes, on a supprimé la partie inattaquée.

Pour compléter l'analyse de ces cendres, il reste encore à examiner la nature des sels qui ont été dissous dans l'eau ; des essais antérieurs ayant montré qu'ils ne contenaient que des sulfates, j'ai seulement cherché les bases. J'ai trouvé pour leur composition :

	gr.
Sulfate d'alumine et de potasse. .	0,140
Sulfate de chaux.	0,036
Sulfate de fer (par différence). .	0,024
	0,200

L'examen microscopique de cendres soumises à l'action prolongée des acides a fait voir, ainsi qu'on l'a annoncé ci-dessus, que les grains blancs laiteux constituent la partie soluble, tandis que les grains hyalins sont inaltérables par ce procédé. Si on discute maintenant les analyses de ces deux espèces de grains, il en résulte que les grains solubles appartiennent à une espèce minérale particulière, dont la formule est du même genre que celle du Labrador, dans laquelle l'alcali est remplacé à la fois par du protoxide de fer, et de la chaux. Si donc l'on admet avec MM. Beudant et Rose, que dans le Labrador, la chaux soit isomorphe de la soude, les cendres de la Guadeloupe seront formées en partie de ce genre de Labrador. En effet, cette espèce minérale est représentée par la formule NS^3+3AS, indiquant que la silice contient

six fois autant d'oxygène que la soude, et le double de la quantité contenue dans l'alumine. Cette proportion atomique existera entre les éléments des grains blancs laiteux, si on suppose que le fer qui entre dans leur composition soit au minimum, ce qui est probable d'après la couleur de ces grains. Le fer sera alors isomorphe de la chaux, et la somme de l'oxygène de ces deux bases à un atome 0,0495 sera presqu'exactement la sixième partie de l'oxygène de la silice. La proportion d'alumine sera seulement un peu faible, mais il est possible que le fer en contienne une petite quantité.

Dans l'analyse des grains hyalins, la relation de l'oxygène entre les bases à un atome prises toutes ensemble, et l'alumine est de 3, comme dans le Ryacolithe, mais la proportion de l'oxygène de la silice est trop forte pour qu'on puisse établir ce rapprochement d'une manière certaine, car elle est de 10 dans les grains hyalins, tandis qu'elle est seulement de 6 dans la formule adoptée par M. G. Rose, comme représentant la composition du Ryacolithe.

Si l'on substitue dans l'analyse générale des cendres, le Labrador et le Ryacolithe à leurs éléments, elle devient :

Labrador à base de chaux et de fer? .	0,3259
Ryacolithe?	0,5568
Fer oxidulé titanifère.	0,0058
Sulfates de potasse et d'alumine	0,0170
Sulfate de chaux.	0,0045
Sulfate de fer.	0,0025
Eau hygrométrique	0,0875
	1,0000

Cendres de l'éruption de décembre 1836. Cette poussière est d'un gris clair; vue sous le microscope, elle est composée de deux parties différentes à peu près en proportions égales, l'une hyaline, complétement transparente, est criblée d'une grande quantité de bulles comme certains quartz de Madagascar. Quelques grains de cette première substance ont présenté des clivages très-nets dans deux directions.

La seconde substance est d'un blanc laiteux en grains amorphes.

Ces éléments sont du reste essentiellement identiques avec ceux que l'on a indiqués dans les cendres provenant de l'éruption de 1797, seulement leur proportion est différente, les grains blancs laiteux que l'on est conduit à regarder comme du Labrador sont plus abondants.

On voit de distance en distance quelques grains jaunes qui appartiennent à du soufre.

On a soumis ces cendres aux mêmes essais que les précédentes.

Au chalumeau elles sont également fusibles en émail blanc.

Calcinées, elles perdent une forte proportion d'eau; leur surface se couvre d'une légère flamme bleue, due à du soufre qui brûle.

Dans l'acide hydrochlorique, elles sont fortement attaquables; elles contiennent environ 40 pour 100 de substance soluble.

Cette opération décompose ces cendres de la manière suivante :

Substance insoluble dans les acides . .	0,5088
Substance soluble.	0,3972
Eau hygrométrique par calcination. . .	0,0693
Soufre par sublimation.	0,0062
Perte.	0,0185
	1,0000

J'ai fait ensuite comme pour les autres cendres, une analyse de la partie dissoute et une de la partie non attaquée. J'en transcris les résultats.

Partie soluble dans les acides.		Oxygène.	*Partie insoluble dans les acides.*		Oxygène.	
Silice . . .	0,5930	0,3081	Silice . . .	0,6312	0,3279	10
Alumine . .	0,2231	0,1048	Alumine. .	0 2085	0,0974	3
Chaux . . .	0,0882	0,0252	Chaux. . .	0,0142	0,0040	1
Oxide de fer.	0,0702	0,0154	Magnésie .	0,0160	0,0062	
Magnésie . .	0,0045	0,0018	Potasse . .	0,0821	0,0139	
Soude. . . .	0,0048	0,0012	Soude. . .	0,0310	0,0079	
Perte. . . .	0,0162		Perte . . .	0,0170		
	1,0000			1,0000		

La composition de la partie des cendres qui s'est dissoute dans les acides se rapproche beaucoup de la même partie dans les cendres de 1797; la seule différence consiste dans une petite quantité de soude que contient cette analyse. Sa présence rend plus probable l'association proposée avec le Labrador. Quant à la composition des grains hyalins, elle est fort analogue à celle de la partie correspondante des cendres de 1797; mais elle s'écarte assez fortement de la formule adoptée pour le Ryacolithe, qui est $(N, K)S' + 3AS$, tandis que l'analyse ci-dessus conduirait à la formule $(N, K, C, M)S + 3AS'$.

L'analogie de composition des cendres de 1797 et de 1836 ne peut pas être le résultat du hasard; elle tient à ce que les produits d'un même volcan sont de même nature. Il en résulte donc que si l'élément hyalin appartient au Ryacolithe, il faut nécessairement modifier la formule qui représente la composition de cette espèce minérale. Cette hypothèse est, du reste, confirmée par les analyses que M. Berthier a faites des feldspaths vitreux du Drackenfelds et du Mont-Dore. La composition de ces derniers feldspaths, qui ont été décrits depuis par M. G. Rose, comme appartenant au Ryacolithe, se rapprochent assez de la formule $(N, K, M, C)S + 3AS^3$, à laquelle conduit l'analyse des cendres de la Guadeloupe.

L'analyse générale des cendres de l'éruption de 1836 devient, en mettant le Labrador et le Ryacolithe à la place de leurs éléments :

Labrador à base de chaux et de fer ?	0,3972
Ryacolithe ?	0,5057
Fer titané.	0,0031
Soufre libre.	0,0062
Eau hygrométrique	0,0693
Perte	0,0185
	1,0000

Sable provenant de l'alluvion boueuse qui a eu lieu à la Guadeloupe, le 12 février 1837. Ce sable est à grains beaucoup plus gros que les cendres; il paraît aussi moins homogène, et il a toute l'apparence d'un dépôt charrié par les eaux.

Le microscope montre que ce sable est composé de quatre minéraux distincts, et en proportions fort différentes. Il contient :

1° Des grains d'un blanc laiteux, qui forment environ 25 à 30 pour cent du sable.

2° Des grains hyalins très-brillants, analogues à ceux que nous avons admis dans les cendres de 1797 et de 1836 comme étant du Ryacolithe. Seulement ces grains possèdent des clivages distincts; leur grosseur permet, en outre, de remarquer qu'ils sont bulleux et très-fendillés, circon-

stances qui leur donnent la plus grande analogie avec de la poussière de feldspath vitreux du Mont-Dore.

3° Des grains assez nombreux d'une substance à cassure vitreuse, très-éclatante, et dont la couleur est le jaune hyacinthe; d'après ses caractères extérieurs, ce minéral est complétement analogue à de l'essonite, ou à la variété d'idocrase qui provient de la Somma.

4° Quelques grains noirs assez rares, formant de 2 à 3 pour 100, et qui paraissent appartenir à du pyroxène.

Plusieurs de ces grains sont composés à la fois de parties noires et de parties hyalines n° 2; ils ressemblent à des fragments d'une roche porphyroïde ou d'un trachite. Cette disposition n'a point été observée dans les cendres.

5° Enfin, le barreau aimanté a fait reconnaître une certaine proportion de fer oxidulé titanifère.

Ce sable, soumis aux mêmes essais que les cendres, a été fusible en émail gris, et a donné 8,50 d'eau. Sur 4gr.,85, 1gr.,33 ou 27,43 pour 100 ont été solubles dans l'acide hydrochlorique concentré.

L'analyse de cette partie dissoute a donné :

Silice	0,766	0,5760
Alumine.	0,317	0,2382
Chaux	0,118	0,0875
Fer	0,092	0,0707
Perte.	0,037	0,0276
	1,330	1,0000

Cette composition est complétement analogue à celle des grains blancs laiteux des cendres.

Une remarque intéressante, qui ressort de la comparaison de cette analyse et de celle des cendres du même volcan, c'est que le fer forme, ainsi qu'on l'a déjà fait observer, un élément essentiel de cette variété de Labrador; la forte proportion de cette base, qui est à peu près de 7 pour 100 dans chacune de ces analyses, ne peut pas être accidentelle. Il y aurait donc dans le Labrador, comme dans le pyroxène, des variétés à base de chaux, et d'autres à base de chaux et de fer. Cette circonstance particulière confirme ce que nous avons annoncé, que les produits d'un volcan sont de même nature, quels que soient leur texture et l'état sous lequel ils ont été rejetés.

L'identité complète de caractères extérieurs des grains hyalins qui entrent dans la composition des sables provenant de l'alluvion et de ceux

qui existent dans les cendres, me fait présumer qu'ils sont de même nature. J'aurais désiré m'en assurer par l'analyse, mais n'ayant pu isoler, par aucun procédé, cette substance des grains de couleur hyacinthe, j'ai pensé que cette analyse serait peu instructive, et je ne l'ai pas faite.

Cendres du volcan de Cosigüina dans l'Amérique centrale. Le volcan de Cosigüina, situé dans la province de Nicaragua, fait partie d'un promontoire qui borne à l'ouest la baie de Fonsoca. Dans le mois de janvier 1835, ce volcan a eu une éruption, dans laquelle il a rejeté une quantité considérable de cendres. Dans quelques endroits elles formaient trois couches distinctes. M. le docteur Roulin a remis à l'Académie, des cendres provenant de cette éruption, et M. Elie de Beaumont lui a déjà communiqué, dans sa séance du 17 juillet dernier, le résultat de quelques essais que nous avons faits de concert sur cette poussière volcanique.

Les cendres de Cosigüina sont d'un gris blanchâtre; elles sont extrêmement fines et doivent avoir été recueillies assez loin du volcan. Pour distinguer la nature des grains qui les composent, il faut se servir d'un microscope dont le grossissement soit d'au moins 200 fois, et ce n'est qu'avec le grossissement de 350 fois que l'on peut

apercevoir les clivages assez nets qu'ils présentent. Ces cendres, vues au microscope, sont homogènes. Elles sont presque entièrement composées de grains blancs hyalins très-lamelleux, beaucoup de fragments présentent des clivages très-voisins de l'angle droit, si même ils ne sont pas rectangulaires. Le tissu lamelleux est mis à découvert par le phénomène des anneaux colorés. Il y a quelques grains noirs, très-rares, et quelques-uns colorés en brun. Le barreau aimanté indique la présence d'une proportion très-faible de fer titané. Au chalumeau, ces cendres sont très-distinctement fusibles. On a plus de peine à les agglomérer que celles de la Guadeloupe, et surtout que celles de l'Etna.

Chauffées légèrement ces cendres perdent 6,27 pour 100 d'eau hygrométrique.

Attaquées par l'acide hydrochlorique concentré et reprises par une dissolution potassique elles se sont partagées en deux parties, 18 pour 100 environ ont été dissous dans l'acide.

La partie dissoute est composée de :

Silice	0,5155	0,2678	— 3
Alumine. . . .	0,1523	0,0711	— 1
Oxide de fer . .	0,1302	0,0396	— 1
Chaux.	0,1118	0,0314	
Soude.	0,0622	0,0159	
Perte	0,0280		
	1,0000		

Les cendres examinées au microscope après l'action des acides n'avaient point changé d'aspect. Il en résulte qu'il n'existe pas de différence bien prononcée d'éclat entre les grains solubles dans les acides, et ceux qui ne le sont pas; peut-être aussi le petit nombre des premiers est-il cause qu'on ne les distingue pas.

Les grains insolubles rendus attaquables par leur fusion avec un mélange de céruse et de nitrate de plomb, présentent la composition suivante :

Silice.	0,6429	0,3339	—32
Alumine..	0,2113	0,0985	—10
Chaux	0,0140	0,0039	— 1
Magnésie.	0,0075	0,0029	
Soude	0,0967	0,0247	— 3
Potasse.	0,0345	0,0058	
	1,0069		

L'examen des analyses, des deux sortes de grains dont se composent les cendres de Cosigüina, nous conduit aux considérations suivantes.

La partie soluble dans les acides contient à la fois de la soude et de la chaux dans des proportions qui se rapprochent assez des proportions caractéristiques du Labrador; mais ces grains renferment en outre une grande quantité d'oxide de fer, qui étant très-probablement au minimum doit être considéré comme isomorphe de la chaux, et dans ce cas les proportions s'éloignent alors beaucoup de la composition du Labrador. Ces grains pourraient donc être considérés comme appartenant à une espèce particulière dont le signe serait $AS^2 + CS$.

Les grains insolubles dans les acides renferment à la fois de la soude et de la potasse comme le Ryacolithe. Dans les cendres de Cosigüina, la soude est de beaucoup le plus abondant des deux alcalis, ce qui est l'inverse dans le Ryacolithe; en outre les rapports atomiques des éléments sont très-différents : ils sont représentés dans ce dernier minéral par le signe $(N, K) S^3 + 3AS$, tandisque l'analyse des grains insolubles conduit à la formule $10AS^3 + CS^3 + 3(K, N)S^3$, ou en mettant toutes les bases à un atome ensemble, $5AS^3 + 2(M, C, K, N) S^3$.

La composition des différentes cendres qui font le sujet de ce mémoire, ne peut en aucune manière être rapprochée de celle du feldspath et de l'albite. L'analyse des laves de l'Etna, que M. Lau-

rent a donnée dans les Annales de chimie, et celles des laves du Vésuve que j'ai faites, prouvent également que ces minéraux ne font point partie essentielle des produits de ces deux volcans. Ces exemples m'autorisent à penser que le refroidissement des laves des volcans brûlants et probablement des volcans éteints à cratère, quelque lent qu'il soit, ne développe que rarement les circonstances nécessaires à la production du feldspath et de l'albite.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Recherches sur la structure et sur l'origine du mont Etna, par M. L. Elie de Beaumont. . . 1

CHAPITRE I. — *Description orographique*. . . *ibid.*

Savants qui se sont occupés de l'Etna. . . . . *ibid.*

Situation de l'Etna. 2

Sa forme générale. . . . . *ibid.*

Détails de sa forme. 3

Détails sur la carte qui accompagne l'ouvrage. . . 4

Détails sur les quatre vues de l'Etna qui s'y trouvent aussi. 5

Modèle en relief. 6

Remarques sur la forme de l'Etna. . . . . *ibid.*

Son peu de saillie. . . . . *ibid.*

Diverses parties du massif. 7

Gibbosité centrale. 8

Talus latéraux. 9

Cones parasistes. . . . . *idid.*

Val del Bove. 11

Crêtes qui l'entourent. 12

Piano del Lago. 17

Torre del filosofo. 18

Cône terminal de l'Etna. 20

Hauteur de l'Etna. 20

Tableau des hauteurs des points les plus remarquables du massif de l'Etna. 22

CHAPITRE II. — *Récit d'une promenade sur l'Etna*. 24

Départ de la *Casa inglese*. . . . . *ibid.*

Pag.
Coulée de laves d'une traversée pénible. 25
Première pente du cône supérieur. 25
Crevasses d'où sortaient des flammes. . . . . *ibid.*
Le gaz qui brûlait était de l'hydrogène sulfuré. . . 26
Petit cratère formé par éboulement en 1832. 27
Horizon de l'Etna, lever du soleil. 28
Profondeur du petit cratère déterminée par la chute d'une pierre. 30
Déviation de l'aiguille aimantée sur la cime de l'Etna . . . . . *ibid.*
Aspect du val del Bove, vu du Serre del Salfizio. 31
Ascension sur la cime la plus élevée du cône terminal. 32
Descente dans le grand cratère. 35
Nature des vapeurs qui se dégageaient. 36
Gypse blanc, fibreux, soufre. . . . . *ibid.*
Lave déversée en 1833 par-dessus le bord le plus bas du cratère. 39
Remarque sur le cône supérieur et sur le Piano del Lago 40
Descente dans le val del Bove. 47
Forme d'une coulée qui était descendue sur une pente de 24°. 49
Cône de 1811. 51
Fond du val del Bove. 52
CHAPITRE III. — *Partage du massif de l'Etna en six formations, description de la formation contemporaine des temps historiques, remarques sur le mode d'action des éruptions qui continuent à accroître la masse des produits modernes.* 53
Énumération des six formations qui entrent dans la composition du massif de l'Etna. . . . . *ibid.*

Pag.
Description des produits des éruptions de l'Etna. 57
Ils sont composés de *labrador*, de *pyroxène*, de *péridot* et de *fer titané*. . . . . *ibid.*
Analyse du labrador de l'Etna, par M. Laurent. . 58
Scories, cendres, lapilli. 60
Formes des coulées de laves, *cheires*. 62
Coulée de 1603 coupée par le Simeto. 66
Distribution des produits des éruptions modernes sur la surface du massif de l'Etna. 68
Ils s'accumulent vers la base de la montagne plus que près de la cime. 69
Description de la *Torre del filosofo*. . . . . *ibid.*
Combien peu les déjections de l'Etna ont élevé le sol alentour de ce monument. 75
Le limon du Nil élève le sol de l'Égypte dans une proportion plus rapide. 76
Eruption de 1832. 78
La lave s'étend vers Bronte. 80
Forme de la cheire. . . . . *ibid.*
Fumées qui s'en dégageaient encore au bout de plus de deux ans. 81
Réflexions sur ce phénomène et sur la lenteur du refroidissement des laves. 82
Formation des cônes de scories. 82
Inégalité d'épaisseur du manteau de produits modernes qui couvre la surface de l'Etna. . . . . *ibid.*
Parties de la gibbosité centrale qui n'en sont pas du tout recouvertes. 90
Leur peu d'épaisseur dans les flanc de la *Cisterna*. 91
Composition des *talus latéraux* de l'Etna. . . . 93
Leur pente est à peu près la même que celle des cônes de débris des torrents alpins. 96

Pag.

Discontinuité des pentes de l'Etna opposée à la *continuité* des pentes, des cônes, formés par simple éruption. . . . . *ibid.*

Ce défaut de continuité trahit la double origine du massif de l'Etna. 97

Limite vers laquelle tendent les remblais que l'Etna reçoit d'année en année. 98

Rapprochement entre le noyau de la gibbosité centrale et les cônes des Andes. 99

Fausseté de la comparaison que l'on a faite de la croissance de l'Etna avec celle d'un arbre exogène. 101

A quoi devra se réduire la théorie de l'Etna. . . . *ibid.*

Fractures et soulèvements produits par les éruptions modernes. 102

Fentes méridiennes qui accompagnent les grandes éruptions de l'Etna, *étoilement* de tout le massif. 103

Eruptions latérales. 104

Fentes restées bâillantes, *grota dei Palombi*. . . 105

Fentes produites dans l'éruption de 1832. 109

Abaissement apparent de la terre del Filosofo. . . 111

Entonnoirs produits par effondrement. 112

Dans cette éruption le massif de l'Etna s'est complétement étoilé. 115

L'Etna croît peut-être par soulèvement plus que par l'entassement des déjections. 118

Réflexions sur le mécanisme des éruptions. . . . . *ibid.*

CHAPITRE IV. — *Description du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna; discussion du mode de formation qui peut lui être attribué*. . 122

Distinction des produits volcaniques anciens et modernes. 123

Pag.

Remarques de M. Mario Gemellaro sur la manière dont le cône moderne et le cône ancien s'emboîtent l'un dans l'autre. 124
Composition du cône ancien. . . . . *ibid.*
Structure des assises successives de matières incohérentes et de matières fondues. 125
Leur ressemblance avec celles du Cantal et du Mont-Dore. 127
Ondulations que présentent fréquemment ces assises, leur inclinaison va jusqu'à 27°. 128
Ces ondulations ne font varier ni l'épaisseur ni la structure des assises. 130
Filons qui traversent les assises dont le cône inférieur se compose. 131
Rocca del Solfizio, rocca Giannicola. 132
Direction générale des filons, ils ne convergent pas vers un centre commun. 134
Problème que présente la formation du *val del Bove.* 135
M. de Buch, M. Buckland et M. Lyell attribuent à un affaissement la disparition des matières qui en occupaient la place. 138
Exemples de phénomènes analogues. 139
Probabilité que cet affaissement a été la conséquence d'un soulèvement. 141
Examen direct de la question du soulèvement du noyau intérieur de l'Etna. 144
Considérations générales qui appuient l'hypothèse du soulèvement. 145
Considérations spéciales relatives 1° aux filons qui s'élèvent jusqu'à la crête des escarpements. . . . 146
2° A la grande étendue que présentent en tous sens les nappes de laves anciennes. 147

Pag.

3° A la manière dont les filons se lient aux assises de lave qu'ils ont vomis. 148

4° A l'uniformité d'épaisseur des assises de matières fragmentaires. 150

(Note relative au partage des talus formés par l'entassement de matières incohérentes en trois classes, talus d'*éboulement*, talus d'*entraînement*, talus de *balancement*.). 159

5° Considérations relatives à l'uniformité d'épaisseur des assises de matières fondues. 167

6° Considérations relatives à l'uniformité de structure des assises de matières fondues qui entrent dans la composition des flancs du val del Bove. 170

Relations qui existent entre la pente sur laquelle se répand une coulée de lave et la structure que prennent les matières qu'elle laisse sur la pente. . 171

Note sur la manière de mesurer les pentes avec un sextant. 173

Construction d'un tableau présentant 68 mesures de pentes de coulées. 174

Résumé de ce tableau, *régime des grands fleuves de laves*. 175

L'identité de structure que présentent les assises de laves des flancs du val del Bove, soit qu'elles soient horizontales ou inclinées prouve que l'une ou l'autre de ces deux positions est le résultat d'un mouvement. 182

La structure de ces assises comparée à celle des laves actuelles prouve que ce sont les parties inclinées qui ont éprouvé un mouvement. 183

De là il résulte que la saillie que présente le noyau de la gibbosité centrale de l'Etna est le résultat d'une tuméfaction. 186

Pag.

Cette tuméfaction a fait naître une *montagne* et un *volcan permanent*, là où il n'y avait auparavant que des volcans éphémères. 188
Le val del Bove est *un cratère de soulèvement irrégulier*. 189
La matière qui remplissait le cirque s'est abîmée dans les cavités intérieures produites par le soulèvement. 192
Le soulèvement du noyau de la gibbosité centrale de l'Etna s'est opéré d'un seul coup. 193
Ce soulèvement ne peut manquer d'avoir été un événement important dans l'histoire géologique de l'Europe. 195
Les grandes chaînes de montagnes présentent cependant des exemples de soulèvements plus considérables. . . . . *ibid.*
Puissance mécanique considérable d'un appareil volcanique. 197
Le soulèvement des cônes volcaniques des Andes, doit avoir exigé de plus grands efforts que celui de l'Etna. 198
L'Etna est un monument de la faiblesse relative des causes qui agissent aujourd'hui. 201
Son soulèvement est dû, suivant toute apparence, à des agents du même genre que ceux qui agissent aujourd'hui, mais agissant avec une énergie supérieure à celle qu'ils ont déployée depuis le commencement des temps historiques. 202
Tableau des inclinaisons par rapport à l'horizon d'un grand nombre de talus propres à servir de terme de comparaison. 204
Tableau des inclinaisons de divers talus formés par éboulement. 208

Pag.
Tableau des inclinaisons de divers talus formés par entraînement. 213
Tableau des inclinaisons de divers talus formés de glace et de neige. 215
Tableau des pentes d'un grand nombre de coulées de lave. 217
Tableau des pentes de divers cours d'eau. 222

Mémoire sur les terrains volcaniques des environs de Naples; par M. Dufrénoy. 227

Dispositions générales des formations dans les environs de Naples. 233
Distribution des formations volcaniques près de Naples 234
I. *Nature géologique du terrain de la campagne de Naples.* 235
Nature du tuf du Pausilippe. 236
Galets calcaires dans le tuf. 237
Stratification régulière du tuf ponceux 238
Coquilles fossiles dans le tuf ponceux. 240
Nodules concrétionnés dans le tuf. 241
Variétés de tuf ponceux de l'île d'Ischia. 242
Alternance réitérée des différentes variétés du tuf. 247
Couches de galets calcaires dans le tuf ponceux. . . 248
Fossiles dans le tuf d'Ischia. 250
Liste des fossiles recueillis par M. Lyell dans le tuf ponceux d'Ischia et déterminés par M. Deshay. . *Ibid.*
Ossements fossiles dans le tuf ponceux. 252
Age du tuf ponceux. . . . . *Ibid.*

II. *Terrains trachytiques des Champs-Phlégréens.* 256

Pag.
Abaissement et élévation successifs du sol de la Campanie. 258
Le relief des Champs-Phlégréens est dû au trachyte. 259
Colline des Camaldoli. 260
Relèvement de ses couches vers le point central. . 261
Trachyte à la base de l'escarpement inférieur. . . 262
Du Piperno. . . . . *ibid.*
Couches de fragments au contact du trachyte. . . 263
Astróni. 264
Les couches de tuf se relèvent circulairement. . . 265
Le trachyte forme un monticule au centre. . . . . *ibid.*
Solfatare. 266
Trachyte au centre. 267
Disposition des couches du tuf. 268
Nature du trachyte de la Solfatare. . . . . *ibid.*
Dégagement de vapeur d'eau et de soufre. 269
Trachyte en recouvrement sur le tuf à la Punta-Negra. 270
Indépendance des trachytes et du tuf ponceux. . 272
Monte-Nuovo. 273
Le Monte-Nuovo a été formé par soulèvement. . . 274
Nature géologique de l'île d' Ischia. 278
Monte-Epomeo. 279
Trachyte de l'île d'Ischia. 280
Age des trachytes d'Ischia. 281
Volcans modernes de l'île d'Ischia. . . . . *ibid.*
III. Groupe du Vésuve. 284
Disposition générale. . . . . *ibid.*
Le Vésuve est composé de deux parties distinctes. *ibid.*
A. De la Somma. 286
Disposition de la Somma. 287

Pag.
Nature du tuf ponceux de la Somma. 288
Disposition du tuf près du Salvatore. 290
Serpules sur des blocs calcaires intercalés dans le tuf. 291
Blocs de calcaire compacte avec fossiles dans le tuf. 292
Forme de l'escarpement de la Somma. 294
Nature des laves de la Somma. 295
Epaisseur des laves de la Somma. 296
Régularité des nappes de la Somma. 297
Inclinaison des nappes de la Somma. . . . . *ibid.*
Filons de la Somma. 299
Mode de formation de la Somma. 302
Les blocs calcaires de la Somma forment des galets dans le tuf. 303
B. Du Vésuve. 305
Epoque de l'érection du Vésuve. 306
Forme du Vésuve. 307
Nature des produits du Vésuve. 308
Des laves. 309
Des scories. 310
Des cendres. . . . . *ibid.*
Pierres rejetées par le Vésuve. 311
Blocs sur les pentes du Vésuve. 313
Position des bouches du Vésuve. 315
Formation des bouches de l'éruption de 1760. . . 317
Formation du cône de 1834. 319
Lois de l'écoulement des laves. 321
Étendue et puissance des coulées. 322
Épaisseur des coulées. 323
Manières de couler des laves. 324
Des fumarolles. 326
Texture des laves en rapport avec leur inclinaison. 328

Digitized by Google

Pag.
Lave de 1794. 329
Coulée de 1810. 331
Coulée de 1767. 333
Coulée de 1807. 334
Coulée de 1834. . . . . *ibid.*
Lave cristalline du Granatello. 335
Lave de la Scala. 338
Lave du Fosso-Grande. 341
Conclusion sur la texture des laves. 342

IV. *Phénomènes qui ont accompagné l'ensevelissement d'Herculanum et de Pompeï.* 344

Causes de l'ensevelissement de Pompeï. 346
Nature du tuf qui recouvre Pompeï. 347
Nature du tuf qui recouvre Herculanum. 351
Résumé. 355
Du tuf ponceux. 356
Epoques différentes des phénomènes volcaniques. . *ibid.*
Du Vésuve. 359
Mouvement oscillatoire du sol de la Campanie. . . . 361
Ensevelissement de Pompeï et d'Herculanum. . . *ibid.*

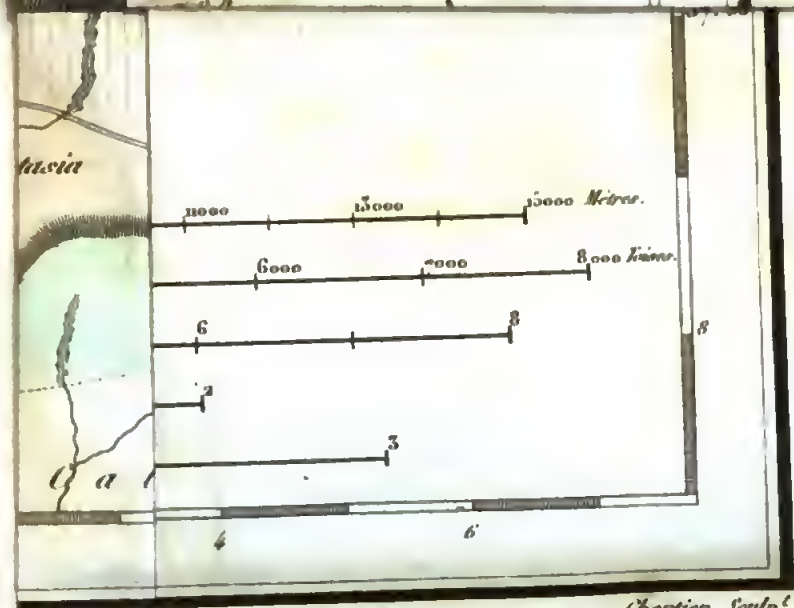
Parallèle entre les différents produits volcaniques des environs de Naples, et rapport entre leur composition et les phénomènes qui les ont produits; par M. Dufrénoy. 363

Lave du Palo. 367
Lave de 1834. 368
Lave du Granatello et de la Scala. 369
Cendres du Vésuve. 372
Laves de la Somma 376
Tuf du Pausilippe. 376
Pyroxènes de la Somma et du Vésuve. 378

Pag.
Discussion et comparaison de ces analyses. 381
Examen chimique et microscopique de quelques cendres volcaniques, par M. Dufrénoy. . . . 387
Cendres rejetées par les volcans de la Guadeloupe. 390
Cendres de l'éruption de décembre 1836. 398
Sable provenant de l'alluvion boueuse qui a eu lieu à la Guadeloupe le 12 février 1837. 401
Cendres du volcan de Cosigüina dans l'Amérique centrale. 404
Conclusion. 408

FIN DE LA TABLE.

C4:3:5



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

NAPOLI

Google

Digitized by Google

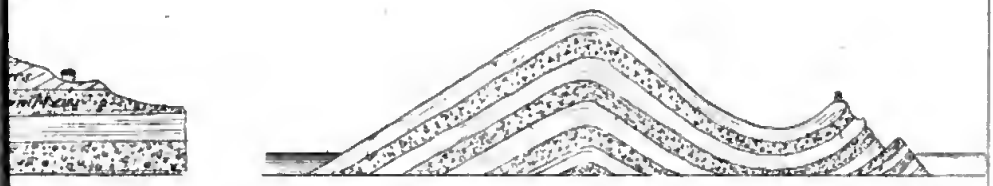
L E
de 25 à 30°

Biblioteca Nazionale
V. E. III
NAPOLI

Digitized by Google

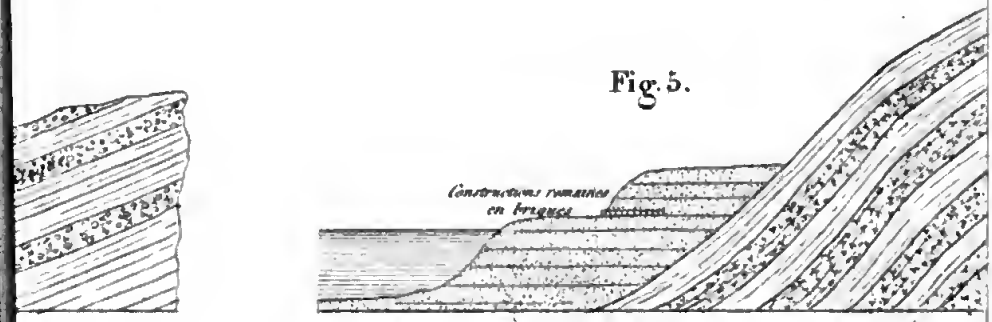
…aniques des environs de Naples.

Fig. 3.



…vers Nisita. Tuf ponceux en couches contournées mais régulières au Cap Miseno.

Fig. 5.



…avec des couches …l'Ischia. Constructions romaines recouvertes par des dépôts sédimentaires dans la baie de Pouzzol.

Fig. 8.

…mura. Monticule de Trachyte au centre du cratère de soulèvement d'Astroni.

Fig. 11.

…la Solfatare. Disposition du Trachyte à la Punta Negra.

Gravé par Adam

Biblioteca Nazionale V. E. III
NAPOLI

Digitized by Google

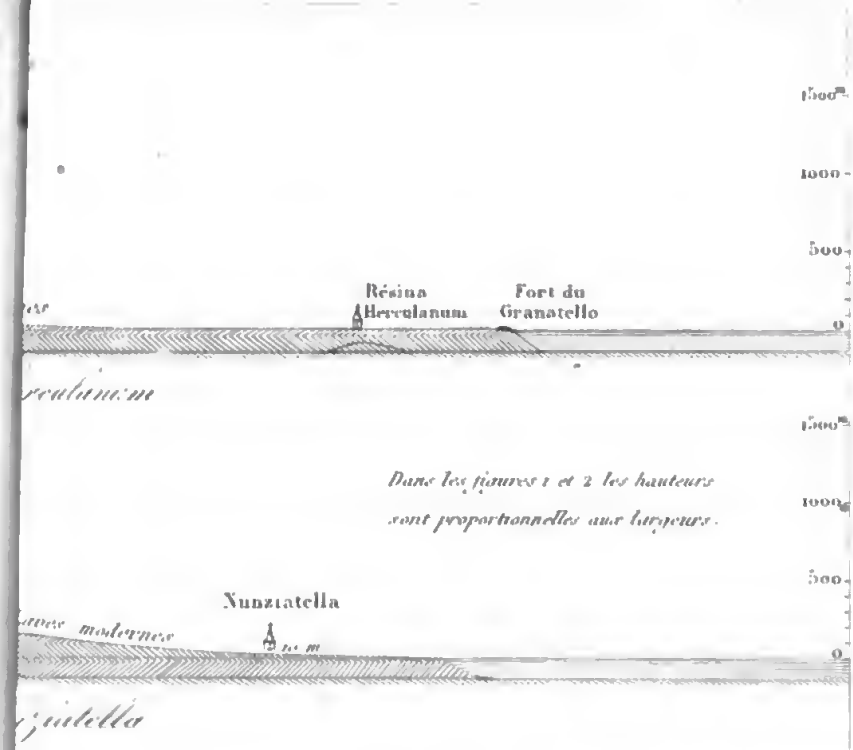
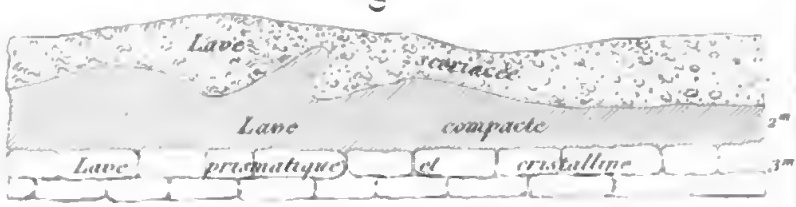


Fig. 5.



Disposition des laves cristallines aux Carrières du Granatello.

Fig. 7.

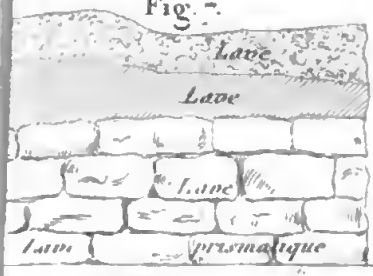
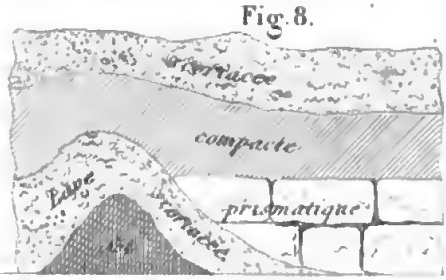
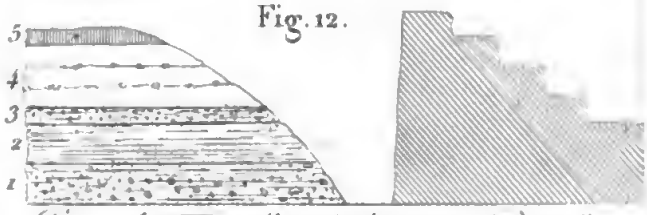


Fig. 8.



Textures des laves aux Carrières de la Scala.

Fig. 12.



Fosse Grande. Coupe du Tuf à l'Amphithéâtre de Pompéi.

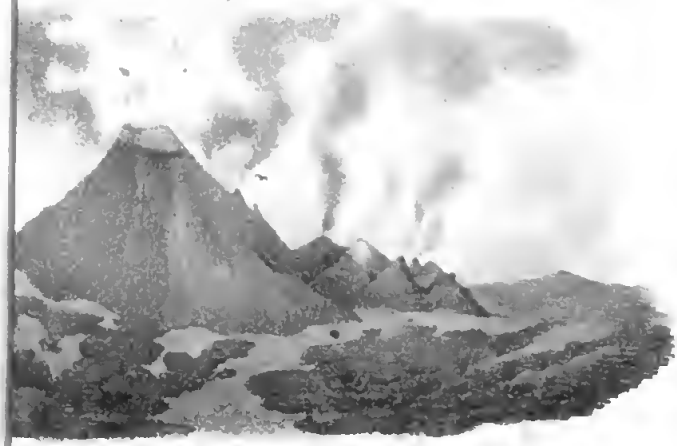
Gravé par Adam

Digitized by Google

Fig. 2

Somma et Vesuve après l'éruption de Pline

Fig. 4



... la bouche (~) qui s'est ouverte sur sa pente en Août 1834

Fig. 5 6

... au Cratère du Vesuve après l'éruption d'Août 1834 près du Palo

Lith. d'Adrien.

Google

Biblioteca Nazionale V. E. III
NAPOLI

Digitized by Google

Pompei
Torre
Annunziata
Castellamare

Biblioteca Nazionale V. E. III
NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google